# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 16 JUIN 1902.

PRÉSIDENCE DE M. BOUQUET DE LA GRYE.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse l'ampliation du Décret par lequel le Président de la République approuve l'élection de M. *Amagat*, en remplacement de M. *A. Cornu*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Amagat** prend place parmi ses Confrères.

OPTIQUE. — *Sur la dispersion anomale, en corrélation avec le pouvoir absorbant des corps pour les radiations d'une période déterminée.* Note de M. **J. Boussinesq**.

« I. Les physiciens savent, depuis diverses expériences de Kundt, mais surtout depuis celles de M. Becquerel [1] sur la dispersion anomale d'une flamme colorée par du sel marin, et dont on examine le pouvoir réfringent pour les radiations voisines des deux raies jaunes du sodium, que le carré $n^2$ de l'indice de réfraction relatif aux radiations non éteintes par le milieu, mais dont la période $\tau$ diffère cependant très peu de celle, $\tau_0$, qui correspond à l'axe de l'une de ses raies obscures, est représenté sensiblement par une expression de la forme

$$n^2 = n_0^2\left(1 + \mathrm{K}\frac{\tau_0^2}{\tau^2 - \tau_0^2}\right), \qquad (1)$$

---

(1) *Comptes rendus,* t. CXXVII, 5 décembre 1898, p. 899. Voir aussi le *Compte rendu* de la séance du 16 janvier 1899, t. CXXVIII, p. 145.

où K désigne une constante propre à chaque raie et $n_0$ l'indice moyen du milieu pour les radiations dont les périodes s'écartent un peu de $\tau_0$. Il en résulte que, sauf pour les rayons absorbés, de périodes presque identiques à $\tau_0$, et au sujet desquels l'observation optique est muette, la valeur de $n^2$ décroît sans cesse quand $\tau$ grandit, de part et d'autre de la raie obscure, l'accroissement qui compenserait ces diminutions se produisant (s'il y a quand même continuité) à la traversée de la raie.

» II. La raison naturelle de ce phénomène est vraisemblablement dans le fait, prouvé par l'absorption même des radiations de période $\tau_0$, que les actions intérieures de la matière pondérable expérimentée sont aptes à faire emmagasiner par celle-ci une énergie vibratoire ayant cette période. Or il est bien connu que la force propre à entretenir, dans un point matériel de masse M, des déplacements pendulaires $\delta'$ de période $\tau_0$, doit être, au moins d'une manière approchée, dirigée vers la situation *moyenne* ou d'*équilibre* du point et égale au produit $M\frac{4\pi^2}{\tau_0^2}\delta'$. Et comme la configuration des groupes moléculaires, considérés dans leurs situations moyennes, diffère peu, quand l'éther y exécute effectivement des vibrations de période $\tau$, de ce qu'elle est quand la période a la valeur presque identique $\tau_0$, il y a lieu de penser que chaque molécule vibrante y éprouve encore, à très peu près, de la part de ses voisines, la *poussée* totale $-M\frac{4\pi^2}{\tau_0^2}\delta'$, suivant le sens de son déplacement $\delta'$. C'est donc une telle poussée, jointe à l'impulsion de l'éther sur la molécule, qui donne la force motrice $M\frac{d^2\delta'}{dt^2}$ de celle-ci.

» Mais on sait que l'impulsion de l'éther vibrant sur les molécules d'un corps transparent est *analogue* à celle d'un fluide, animé de *brèves* oscillations, sur un solide immergé, ou égale le produit d'un coefficient A, dépendant de la configuration de la molécule, par la masse du fluide éther que la molécule déplace statiquement et par l'accélération du fluide dans son mouvement relatif autour d'elle.

» Si donc $\delta$ désigne le déplacement vibratoire de l'éther, $\rho$ sa densité, $\varpi'$ le volume de la molécule ou $\rho\varpi'$ la masse d'éther déplacée, l'impulsion à évaluer de l'éther sera $A\rho\varpi'\frac{d^2(\delta-\delta')}{dt^2}$, ou, sensiblement, $A\rho\varpi'\frac{d^2\delta}{dt^2}$; car, tant que le milieu n'éteint pas la lumière, les déplacements $\delta'$ de la matière pondérable y sont, en général, très faibles à côté de ceux, $\delta$, de l'éther.

» Ainsi, les molécules du milieu *aptes* à absorber l'énergie vibratoire de période $\tau_0$ auront à très peu près, pour équation de leur mouvement, après

division par leur masse M,

(2) $$\frac{d^2\delta'}{dt^2} + \frac{4\pi^2}{\tau_0^2}\delta' = \frac{A\rho\varpi'}{M}\frac{d^2\delta}{dt^2}.$$

» Quant aux autres, qui pourront être les plus nombreuses, elles obéiront presque exclusivement à l'impulsion de l'éther; et l'équation de leur mouvement sera

(3) $$\frac{d^2\delta'}{dt^2} = \frac{A\rho\varpi'}{M}\frac{d^2\delta}{dt^2}.$$

» III. Comme les mouvements à étudier sont sensiblement pendulaires, de période $\tau$, les déplacements respectifs $\delta$, $\delta'$ ont pour dérivées secondes en $t$ les produits de $-\delta$ ou de $-\delta'$ par $\frac{4\pi^2}{\tau^2}$. Et ces équations (2), (3) deviennent, en appelant $\varepsilon$ le rapport, dès lors *constant*, $\frac{\delta'}{\delta}$,

(4) $$\frac{\delta'}{\delta} \text{ ou } \varepsilon = \text{ soit } \frac{A\rho\varpi'}{M}\frac{\tau_0^2}{\tau_0^2-\tau^2}, \quad \text{soit } \frac{A\rho\varpi'}{M}.$$

» Pour peu que les molécules *à période vibratoire propre* $\tau_0$, très peu différente de $\tau$, soient en nombre comparable aux autres, les déplacements $\delta'$ de ces molécules auront seuls, à raison du facteur très grand $\frac{\tau_0^2}{\tau_0^2-\tau^2}$, une influence perceptible dans le phénomène, et il n'y aura pas lieu d'utiliser la dernière valeur (4) de $\varepsilon$.

» Nous aurons à considérer ci-après la somme $\Sigma A\varpi'$, étendue à toutes les molécules pondérables existant dans un élément de volume $\varpi$ d'éther (où elles sont supposées n'occuper, en tout, qu'une place $\Sigma\varpi'$ insignifiante); et nous appellerons $\alpha\varpi$ cette somme $\Sigma A\varpi'$, ou $\alpha$ sa valeur par *unité du volume total* $\varpi$, valeur comparable à 1 chez tous les corps transparents. Ici, occupons-nous seulement des molécules à période vibratoire propre $\tau_0$; et appelons de même, pour elles, $\alpha'$ la somme $\Sigma A\varpi'$ par unité du volume apparent total $\varpi$ d'un élément d'éther, en admettant d'ailleurs, pour fixer les idées, que toutes ces molécules soient pareilles, ou aient même masse M, même volume $\varpi'$ et même coefficient A de résistance à l'éther. Alors la fraction $\frac{A\rho\varpi'}{M}$ pour ces molécules, multipliée haut et bas par leur nombre dans le volume $\varpi$, aura, en numérateur, $\alpha'\rho\varpi$ et, en dénominateur, la masse totale des mêmes molécules, c'est-à-dire le produit $\rho'\varpi$, si $\rho'$ désigne la *densité*, dans le milieu, *de la matière à période propre* $\tau_0$. Et la valeur du rapport $\varepsilon$

que nous aurons à employer sera

$$(5)\qquad \frac{\delta'}{\delta} \quad \text{ou} \quad \varepsilon = \alpha' \frac{\rho}{\rho'} \frac{\tau_0^2}{\tau_0^2 - \tau^2}.$$

» IV. Cela posé, formons l'équation du mouvement vibratoire de l'éther. A cet effet, considérant le volume élémentaire $\varpi$ d'éther, de masse $\rho\varpi$, nous exprimerons que sa force motrice $\rho\varpi \frac{d^2\delta}{dt^2}$ comprend : 1° l'action élastique totale qu'exerce sur lui l'éther extérieur, force exprimée par $\varpi\mu \frac{d^2\delta}{dx^2}$, si $\mu$ est le coefficient d'élasticité de l'éther et $x$ une abscisse normale aux ondes planes constituant les radiations; 2° la résistance, $-\sum A\rho\varpi' \frac{d^2(\delta - \delta')}{dt^2}$ ou $-\left[\sum A\varpi'(1-\varepsilon)\right]\rho \frac{d^2\delta}{dt^2}$, de toutes les molécules immergées dans l'élément de volume, résistance égale et contraire à la somme des impulsions, mises en œuvre précédemment, de l'éther sur elles [1]. Divisée par $\varpi\mu$, l'équation du mouvement vibratoire de l'éther sera donc, après transposition du dernier terme dans le premier membre,

$$\frac{\rho}{\mu}\left(1 + \frac{\Sigma A\varpi'}{\varpi} - \frac{\Sigma A\varpi'\varepsilon}{\varpi}\right)\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d^2\delta}{dx^2}.$$

» Appelons, comme il a été dit ci-dessus, $\alpha$ le rapport *fini* $\frac{\Sigma A\varpi'}{\varpi}$ et $\alpha'$ la partie de ce rapport qui concerne la matière, de densité $\rho'$, à période vibratoire propre $\tau_0$. Si nous remplaçons alors $\varepsilon$ par la valeur correspondante (5), et si nous observons enfin que $\frac{\rho}{\mu}$ est l'inverse du carré $V^2$ de la vitesse de la lumière dans l'éther libre, il viendra, comme équation du mouvement,

$$(6)\qquad \frac{1}{V^2}\left(1 + \alpha + \alpha'^2 \frac{\rho}{\rho'} \frac{\tau_0^2}{\tau^2 - \tau_0^2}\right)\frac{d^2\delta}{dt^2} = \frac{d^2\delta}{dx^2}.$$

» Le coefficient de $\frac{d^2\delta}{dt^2}$ y exprime, dans la mesure où l'on peut supposer

---

[1] Il y a bien, en outre, une petite force, due aux actions de la matière pondérable sur l'éther exercées aux distances de l'ordre du rayon d'activité des actions intermoléculaires de celle-ci. Mais cette force, sensiblement proportionnelle au déplacement $\delta$ et dirigée, pour chaque atome d'éther, vers sa situation d'équilibre, n'a pas dans la question un rôle essentiel; car son petit effet sur le mouvement est, à fort peu près, le même pour toutes les radiations à périodes $\tau$ plus ou moins voisines de $\tau_0$.

$\alpha$ et $\alpha'$ les mêmes pour tous les éléments de volume voisins, le carré de l'inverse de la vitesse de la lumière dans le milieu proposé, inverse dont le produit par V est justement l'indice $n$ de réfraction. Nous aurons donc, abstraction faite de la dispersion ordinaire,

$$n^2 = 1 + \alpha + \alpha'^2 \frac{\rho}{\rho'} \frac{\tau_0^2}{\tau^2 - \tau_0^2}. \tag{7}$$

» Le dernier terme est négligeable dès que $\tau$ diffère sensiblement de $\tau_0$, et, alors, $n^2$, réduit à $1 + \alpha$, n'est autre que ce que nous appelons $n_0^2$. L'expression de $n^2$, mise sous la forme (1) indiquée par l'observation, sera ainsi

$$n^2 = n_0^2 \left(1 + \frac{\alpha'^2}{1+\alpha} \frac{\rho}{\rho'} \frac{\tau_0^2}{\tau^2 - \tau_0^2}\right). \tag{8}$$

» V. Malgré l'excessive petitesse du rapport $\frac{\rho}{\rho'}$ de la densité de l'éther à celle de la matière dont la période propre d'oscillation, dans le milieu, est $\tau_0$, il n'est peut-être pas impossible que le second terme, entre parenthèses, devienne quelquefois appréciable, à raison des très fortes valeurs du quotient $\frac{\tau_0^2}{\tau^2 - \tau_0^2}$. En tout cas, si ce terme, tel qu'il s'est offert à nous, semble devoir rester généralement imperceptible, à cause du rapport tout à fait infime, qu'il contient en facteur, des deux densités de l'éther et d'une substance pondérable, c'est néanmoins un fait digne de remarque, qu'il ait précisément la forme du terme en K suggéré par l'observation, dans l'expression (1) du carré $n^2$. Quelque circonstance inconnue abaisserait-elle son ordre de petitesse, tout en lui conservant cette forme?

» Quand on fait varier dans le milieu la densité $\rho'$ de la matière à période vibratoire propre $\tau_0$, le paramètre $\alpha'$, composé de termes se rapportant à chacune de ses particules immergées dans l'unité de volume d'éther, est proportionnel à $\rho'$, et $\alpha$, qui contient tous les éléments de $\alpha'$, éprouve le même changement que ce paramètre. Notre expression, $\frac{\alpha'}{1+\alpha} \frac{\alpha' \rho}{\rho'}$, du coefficient K est donc alors en raison directe de la fraction $\frac{\alpha'}{1+\alpha}$, c'est-à-dire croissante avec $\rho'$, et même sensiblement proportionnelle à $\rho'$ si cette fraction est petite devant l'unité.

» Le coefficient de proportionnalité $\frac{\alpha'}{\rho'}$ serait-il exceptionnellement grand chez les substances à période vibratoire propre $\tau_0$ *bien déterminée*, sub-

stances *actives* qui pourraient, d'ailleurs, n'être qu'en assez faible proportion dans le corps où elles se manifestent? Ainsi s'expliquerait la valeur alors sensible de K. Et ce serait l'action de la matière avoisinante, relativement *fixe*, qui pourrait donner en tout, sur chaque élément M de ces substances actives, la force $-M\frac{4\pi^2}{\tau_0^2}\delta'$ le tirant sans cesse vers sa situation d'équilibre ou moyenne.

» Ou, mieux encore, le fait d'une valeur exceptionnellement grande du coefficient $\frac{\alpha'}{\rho}$, chez une certaine matière du milieu, entraînerait, pour cette matière, la production de déplacements $\delta'$ beaucoup moins petits que pour celle qui l'entoure et, dès lors, sa sollicitation, de la part de celle-ci, par une force de la forme $-M\frac{4\pi^2}{\tau_0^2}\delta'$, propre à lui faire emmagasiner l'énergie vibratoire d'une période $\tau_0$ appropriée. La matière plus largement vibrante que le reste se trouverait constituée, suivant que la période serait relativement longue ou brève, soit par des molécules entières, soit seulement par certains atomes, dans chaque molécule de la substance active. C'est vraisemblablement ainsi que les choses se passent. »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *L'arsenic existe normalement chez les animaux et se localise surtout dans leurs organes ectodermiques.* Note de M. **Armand Gautier**, à propos d'une Note de M. Gabriel Bertrand (¹).

« Lorsque, en 1899, j'annonçais à l'Académie (²) que j'avais trouvé l'arsenic, à l'état normal, dans quelques-uns des organes des animaux : la peau et ses annexes, la glande thyroïde, le tymus et les os, je m'attendais à rencontrer des contradicteurs, et c'est pour éviter le plus possible toute polémique inutile que j'eus le soin de décrire en détail la marche à suivre pour répéter mes expériences (³), renvoyant même à mon premier Mémoire de 1876, où j'exposais la méthode que j'ai depuis très perfectionnée, et qui m'a permis de retrouver, dans certains organes, des traces constantes d'arsenic (⁴).

---

(¹) Voir plus loin, à la Correspondance, p. 1434.
(²) *Comptes rendus*, t. CXXIX, p. 929; *Ibid.*, t. CXXX, p. 284.
(³) *Ibid.*, t. CXXIX, p. 936.
(⁴) *Ann. de Chim. et de Phys.*, 5ᵉ série, t. VIII, p. 384, 397 et 402.

» Mais lorsqu'il s'agit de recherches aussi particulièrement délicates on ne saurait tout suffisamment expliquer, et les expérimentateurs qui ont voulu contrôler l'existence de l'arsenic normal, y compris M. G. Bertrand et M. Lepierre (de Porto), n'ont point d'abord retrouvé ce métalloïde, quelle que fût leur habileté expérimentale.

» Je ne me suis donc pas étonné qu'en Allemagne MM. C. Hödlmoser, K. Cerny et E. Ziemke n'aient obtenu que des résultats négatifs ou inconstants. Mais leurs observations ne sauraient prévaloir contre plus de 30 recherches d'arsenic dans la peau, les poils, les cornes, la glande thyroïde, les os, où je l'ai toujours retrouvé, et plus de 200 expériences à résultats constamment négatifs, faites comparativement et côte à côte avec les organes non arsénicaux des mêmes animaux : foie, rate, muscles, estomac, tissu cellulaire, poumons, glandes salivaires, rein, capsules surrénales, testicules, intestin, urine, sang, etc., organes et humeurs sinon peut-être absolument exempts d'arsenic, du moins dans lesquels je puis affirmer qu'il en existe à l'état normal moins de $\frac{1}{200}$ de milligramme par $200^{g}$ à $300^{g}$ de matière, soit moins de un vingt-millionième à un trente-millionième de leur poids.

» La lecture des Mémoires des savants allemands plus haut cités suffit à montrer qu'ils n'ont pas suivi dans tous ses détails la méthode délicate que j'ai fait connaître. Leurs résultats sont, en effet, discordants et les pertes d'arsenic évidentes.

» En effet, Hödlmoser [1], pour montrer le degré d'exactitude et de sensibilité de sa méthode, ajoute à trois portions ($b$), ($c$), ($d$) de foie, pesant $100^{g}$ chacune, à ($b$), $0^{mg},58$; à ($c$), $1^{mg},16$ et à ($d$), $1^{mg},74$ d'acide arsénieux. Après destruction de la matière et passage à l'appareil de Marsh, l'anneau ($c$), qui aurait dû peser $0^{mg},9$, pesait $0^{mg},7$ seulement, et l'anneau ($d$), qui eût dû peser $1^{mg},3$, pesait aussi $0^{mg},7$. Il y avait donc eu, dans le cas ($c$), perte de 2 décimilligrammes, et dans le cas ($d$), perte de 6 décimilligrammes d'arsenic, c'est-à-dire perte de quantités d'arsenic très notablement supérieures à celles qu'on peut s'attendre à trouver dans les organes où existe l'arsenic normal.

» Malgré cette imperfection dans sa technique, Hödlmoser arrive cependant à trouver, de temps à autre, quelques faibles traces d'arsenic, mais, dit-il, ces traces, existant indifféremment dans les divers organes, n'ont pas d'importance. Ceci démontre, il me semble, ou bien l'infidélité de la

---

[1] *Zeitsch. f. physiolog. Chemie*, juillet 1901, p. 329.

marche suivie par ce savant, ou bien la non absolue pureté des réactifs employés, probablement de l'acide nitrique. Hödlmoser conclut que la différence de ses résultats et des miens tient peut-être à la différence de la nature géologique du sol où ont vécu les animaux ayant fourni les organes examinés. Je ne le pense pas, car, s'il en était ainsi, je n'aurais pas trouvé l'arsenic si particulièrement localisé dans quelques organes seulement, tandis qu'il était absent du foie, du sang et de toutes les autres parties des animaux, du moins dans les limites ci-dessus dites.

» K. Cerny ([1]), dans ses 29 essais, a retrouvé l'arsenic à l'état de traces une fois sur deux environ : dans la *thyroïde humaine*, 9 fois sur 13 cas; dans celle de porc, 1 fois sur 3 cas; dans le thymus, 1 fois sur 5; dans le foie de 7 hommes il a trouvé 4 fois un peu d'arsenic. En somme, en 29 expériences, Cerny retrouve l'arsenic 15 fois. Il termine son Mémoire par ces conclusions :

« De ces résultats, qui ne diffèrent pas essentiellement de ceux de » Hödlmoser, on peut conclure que *de minimes traces d'arsenic sont pré-* » *sentes dans l'organisme animal, comme dans toute la nature,* mais que ces » traces ne peuvent jouer aucun rôle....» Cerny n'a pas mesuré la gravité de ces affirmations, renouvelées de Raspail, qui, si elles étaient exactes, rendraient vaines toutes les recherches médico-légales d'arsenic, et désarmeraient à la fois les experts et les juges. Je réponds et j'affirme que *tous les corps de la nature* et que tous les organes des animaux ne contiennent pas ces traces d'arsenic que suppose Cerny. Je n'en ai jamais trouvé, pour mon compte, *ou moins de un vingt-millionième de leur poids,* dans aucun organe, sauf dans la peau et ses annexes, le thymus, la thyroïde des animaux, jeunes ou vieux, sauvages ou domestiques, et peut-être dans les os et le cerveau.

» Quant à l'intérêt que peuvent avoir ces faibles quantités d'arsenic, rien n'autorise à penser avec Cerny que, si elles sont si spécialement localisées, elles ne jouent aucun rôle dans ces organes essentiels à la vie.

» Enfin, E. Ziemke ([2]) trouve aussi l'arsenic à l'état de traces, comme Cerny, dans un grand nombre de ses recherches, et conclut comme lui que ce métalloïde n'existe pas à l'état normal chez les animaux. C'est, il me semble, la conclusion contraire qu'il eût dû logiquement déduire de ses essais, s'ils ont été faits soigneusement. Mais je ne les connais que par un extrait.

---

([1]) *Zeitsch. f. physiolog. Chemie,* 1902, t. XXXIV, p. 408-416.
([2]) *Apotheke Zeitung,* 1902, t. XVII.

» Les résultats obtenus par MM. Hödlmoser, Cerny, Ziemke sont contredits par les expériences de MM. Lepierre, Pagel, Imbert et Badel, et surtout par celles de M. G. Bertrand.

» M. Lepierre, directeur du laboratoire municipal de Porto, dont le savoir et la sévère technique expérimentale sont bien connus, m'a déclaré, en 1900, n'avoir eu d'abord que des insuccès quand il voulut rechercher l'arsenic dans la laine et la peau des animaux, mais ayant eu confiance en ce que j'avais annoncé, il persista, perfectionna sa méthode et s'assura définitivement de la présence constante de l'arsenic dans ces organes.

» M. Pagel, chef des travaux de Pharmacie à l'École de Nancy (1900), M. Imbert, agrégé à l'École de Pharmacie de Montpellier, et son collaborateur, M. Badel, ont successivement retrouvé l'arsenic normal.

» Mais à M. G. Bertrand (1) revient surtout le mérite, non seulement d'avoir confirmé mes observations, mais encore d'avoir perfectionné une méthode déjà réputée si parfaite en ce qui regarde le fonctionnement de l'appareil de Marsh, et d'avoir bien défini les conditions qui permettent de retrouver le demi-millième de milligramme d'arsenic introduit dans cet appareil.

» J'ajoute enfin qu'en 1900, avant même mes expériences, W. Abénius, de Stockholm, cherchant l'arsenic dans les laines teintes, où il le décela dans tous les cas, eut la curiosité d'examiner les laines brutes de mouton; à sa grande surprise il y retrouva l'arsenic (2). Mais étant données les idées courantes d'alors, Abénius conclut que tous les moutons qui avaient fourni ces laines avaient dû, pendant leur vie (sans doute pour les débarrasser de leurs parasites) avoir été lavés avec des solutions arsénicales!

» J'accorderai cependant un point à mes contradicteurs. Si mes expériences et celles de M. G. Bertrand et des autres savants que je viens de citer, démontrent l'existence normale de l'arsenic dans quelques-uns des organes des animaux, je reconnais que les quantités de ce métalloïde sont très petites et même fort variables. Dans la thyroïde, la peau, il m'est arrivé de n'en trouver que de faibles traces; le cerveau peut n'en pas contenir même des traces. Mais j'ai montré que l'organisme, à certaines époques, se décharge de son arsenic qui disparaît des organes intérieurs pour passer dans l'épiderme, les poils ou les cheveux qui en sont généralement très riches, et, chez la femme, pour s'échapper par les menstrues.

---

(1) Voir sa Note, p. 1434.

(2) *Chem. Zeitsch.*, 1900, p. 374.

» J'ajoute aussi que, dans des expériences d'une telle délicatesse, il faut, comme l'a fait M. G. Bertrand, et comme je l'avais fait moi-même, contrôler soigneusement tous ses réactifs et chercher l'arsenic dans 300 grammes, au moins, de chacun des acides employés en les faisant passer par toutes les phases successives de la méthode de recherche.

» Il faut éviter aussi (ainsi que M. G. Bertrand en a plus particulièrement démontré la nécessité) la pénétration de l'oxygène dans l'appareil de Marsh. Pour cela, je me sers actuellement d'un petit flacon A de 120 cent. cubes à trois tubulures (1). L'une reçoit un tube de verre recourbé *t*, plongeant jusqu'au fond, tube dont la partie horizontale porte un caoutchouc désulfuré, muni d'une pince *p*; ce tube s'ouvre extérieurement dans un vase vide. Dans la tubulure médiane du flacon A passe un tube à boule T muni d'un robinet de verre; il est destiné à laisser pénétrer dans l'appareil la liqueur acide où l'on cherchera l'arsenic, et cela sans que l'air puisse jamais être entraîné au moment des additions successives d'acide. Les gaz sortent du flacon A par un tube taillé en biseau par le bas, portant une petite boule soufflée; ils arrivent au filtre à coton auquel fait suite le tube horizontal, chauffé au rouge très sombre, où doit se former l'anneau arsénical.

» Ce tube semi-capillaire, chauffé sur 10 à 12 centimètres, est relié par un caoutchouc désulfuré, portant une pince *r*, à un tube vertical plongeant de 1 centimètre dans un peu d'acide sulfurique.

» On place d'abord dans le flacon A, entouré extérieurement d'eau froide, 25 grammes de zinc pur; on le remplit entièrement d'eau distillée pure, on ferme la pince *r*, on ouvre *p*, et l'on verse peu à peu par le tube à boule T de l'acide sulfurique au dixième mêlé d'une goutte de solution faible de chlorure de platine. L'hydrogène qui se forme chasse l'eau par le tube latéral *t*. Quand le flacon A est presque vide d'eau, on ferme la pince *p*, on ouvre *r* et l'on commence à laisser pénétrer par le tube T central, à boule et à robinet, le liquide acide où l'on cherche l'arsenic. On est ainsi certain de n'avoir dans le flacon A que de l'hydrogène pur et de ne laisser jamais entrer la moindre bulle d'air au cours de l'opération.

» L'oubli de cette seule précaution suffirait à expliquer les résultats négatifs observés. La dessiccation parfaite du tube où doit se faire l'anneau, le temps que doit marcher l'appareil (5 heures pour les traces) ont aussi leur importance. La marche de la destruction de la matière et la

---

(1) Il faut se servir d'excellents bouchons de *liège*, et au besoin les paraffiner.

précipitation de l'arsenic, d'abord à chaud, puis à froid, par l'hydrogène sulfuré [1], sont aussi des phases difficiles de cette délicate recherche. Je les ai déjà décrites en détail. »

ÉNERGÉTIQUE. — *Dissociation des éléments de la dépense énergétique des moteurs employés à l'entraînement des résistances de frottement*, par M. A. CHAUVEAU.

« Le déplacement des résistances créées par le *frottement* exige l'intervention des mêmes fonctions énergétiques que le soulèvement des charges (voir *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1177 et 1266). On peut l'affirmer *a priori*. L'intensité de ces résistances, en effet, peut être mesurée au dynamomètre et se traduit en kilogrammes, comme la valeur des charges soulevées dans le *travail mécanique vrai*. Si donc l'énergie utilement dépensée dans le soulèvement des charges se compose de trois parts distinctes et dissociables, il n'en peut être autrement de l'énergie consacrée à l'entraînement des résistances de frottement. La dépense provoquée par ce travail comprend nécessairement, outre l'énergie purement stérile qui amène au seuil de la mobilisation la machine marchant à vide, énergie dont nous ne nous occuperons plus :

» *a*. L'énergie qui est prise par l'annihilation des résistances et qui les prépare au déplacement;

» *b*. Celle qui opère ce déplacement;

» *c*. Celle enfin qui imprime au déplacement sa vitesse.

» La seule particularité du cas du déplacement des résistances de frottement, c'est que le *travail mécanique* effectué dans ce déplacement n'emmagasine pas de force vive et que toute l'énergie mise en jeu pour le produire se résout et se dissipe en chaleur sensible.

» Il y a lieu de considérer isolément le cas des arbres et des treuils qui tournent sous la pression d'un frein et le cas des machines dont les arbres

(1) En aucun cas, même quand on procède à la destruction de faibles quantités de matières, même quand la liqueur acide finale est parfaitement décolorée, comme dans un Kjeldhall, on ne doit verser directement le produit total de l'attaque dans l'appareil de Marsh sans passer par $H^2S$. Par cette méthode simplifiée, que l'on a proposée, (voir *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 15 décembre 1901, p. 241) on n'obtient jamais la totalité de l'arsenic, ni des anneaux exempts des matières sulfurées ou même azotées.

appliquent leur énergie disponible à des travaux de traction horizontale. Ce dernier est le plus simple, celui qui se rapproche le plus du cas type du soulèvement des charges et qu'il est tout indiqué d'étudier en premier lieu.

» A. — Dissociation des éléments de la dépense énergétique dans le travail de traction horizontale. — Les frottements qui créent les résistances entraînées par une traction horizontale résultent du *roulement* ou du *glissement*. On s'est attaché exclusivement au glissement, qui intéresse davantage. L'étude en a été poursuivie au moyen de l'outillage employé dans mes expériences précédentes (voir *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1266), mais en y ajoutant un organe nouveau, permettant l'entraînement de la résistance produite par la pression d'une charge glissant sur un plan horizontal. Je me suis servi du chariot de mon grand enregistreur. Les trois roues en avaient été immobilisées et patinaient au contact des rails sous l'action des tractions. Grâce à un système simple de poulies de renvoi, ce chariot pouvait être substitué au plateau récepteur de la charge à soulever. La substitution se faisait presque instantanément, en sorte qu'il était extrêmement facile de faire la comparaison de la dépense du soulèvement vertical de la charge et du déplacement horizontal de la résistance équivalente créée au point de contact des roues du chariot avec les rails.

» Pour donner la valeur voulue à cette résistance, on chargeait plus ou moins la plate-forme du chariot. Cette valeur était appréciée à l'aide d'un dynamomètre placé sur le trajet de la corde qui entraînait le chariot. La même valeur était donnée à la charge à étudier comparativement au point de vue de la dissociation des éléments de la dépense qu'entraîne son soulèvement. On pouvait ainsi procéder avec sûreté, pour les deux conditions comparées, aux déterminations visées, savoir :

» 1° Dépense consacrée à la neutralisation des charges ou résistances qu'il s'agit d'amener au seuil de la mobilisation ;

» 2° Dépense consacrée à la création de la vitesse dont ces charges ou résistances sont animées pendant leur déplacement ;

» 3° Dépense totale provoquée par ce déplacement.

Les opérations que nécessitent ces diverses déterminations sont exactement celles qui ont été décrites dans la précédente Note (p. 1267 et suivantes).

» *Expérience*. — Je tire l'exemple que je vais citer d'une série de recherches qui visaient un tout autre but que la dissociation des diverses fonctions de la dépense énergétique et où le fait de cette dissociation s'est fortuitement trouvé réalisé, même

pour la dépense stérile, dont je n'avais pas besoin de me préoccuper dans mes nouvelles études. L'exemple n'en est que plus démonstratif.

» En chargeant la plate-forme du chariot de $20^{kg}$, $40^{kg}$, $60^{kg}$, la résistance au glissement sur les rails prenait les valeurs de $3^{kg},9$, $7^{kg},5$, $11^{kg}$, indiquées, avec quelque hésitation dans la fixité, par le dynamomètre, lorsqu'on entraînait cette résistance à la vitesse de $1^{m},5$ parcourus en 90 secondes. Après les déterminations des dépenses effectuées dans ces conditions, le chariot était supprimé et remplacé par le plateau ascendant muni de poids équivalant aux valeurs dynamométriques de la résistance du chariot. De plus, la même vitesse, $\frac{1^{m},5}{90^{s}}$, était imprimée aux soulèvements du plateau.

» Les résultats obtenus sont exprimés dans le Tableau suivant :

| | Travail à la seconde. | | | Dépense énergétique à la seconde. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nature du travail. | Valeur de la résistance en poids. | Chemin parcouru. | Travail mécanique effectué. | Dépense totale. | Énergie consacrée à l'équilibration de la résistance. | Énergie prise par la vitesse du déplacement de la résistance. | Énergie absorbée par l'appareil lui-même pour arriver au seuil de la mobilisation. | Énergie attachée au déplacement de la résistance. (Trav. méc.) |
| | kg | m | kgm | w | w | w | w | w |
| I Entraînement horizontal. | 3,9 | × 0,0166 | = 0,065 | 7,11 | − (4 | + 5,4 | − 3) | = 0,71 |
| | 7,5 | × 0,0166 | = 0,125 | 9,55 | − (5,9 | + 5,4 | − 3) | = 1,25 |
| | 11 | × 0,0166 | = 0,183 | 11,73 | − (7,3 | + 5,4 | − 3) | = 2,03 |
| II Soulèvement vertical. | 3,9 | × 0,0166 | = 0,065 | 7,44 | − (4,2 | + 5,4 | − 3) | = 0,74 |
| | 7,5 | × 0,0166 | = 0,125 | 9,8 | − (6 | + 5,4 | − 3) | = 1,30 |
| | 11 | × 0,0166 | = 0,183 | 11,8 | − (7,4 | + 5,4 | − 3) | = 1,90 |

» Ces résultats sont des plus significatifs :

» *Ainsi, qu'on ait affaire à l'entraînement horizontal d'une résistance de valeur dynamométrique déterminée ou au soulèvement vertical d'une charge de valeur égale, l'énergie dépensée est la même et se répartit de la même manière entre les diverses fonctions dévolues à cette énergie.*

» B. DISSOCIATION DES ÉLÉMENTS DE LA DÉPENSE ÉNERGÉTIQUE DANS LE TRAVAIL DE FROTTEMENT DES ARBRES TOURNANT SOUS LA PRESSION D'UN FREIN. — L'instrumentation employée est la même que dans les expériences précédentes, sauf qu'un frein semi-circulaire y remplace sur le treuil le fil chargé d'entraîner le chariot sur ses rails.

» Ce frein, d'une surveillance et d'un entretien très faciles (condition absolument fondamentale), consiste dans une anse de ruban d'acier qui embrasse une poulie plate fixée sur l'axe du treuil et dont les deux extrémités, reliées l'une à l'autre, supportent un plateau qu'on charge plus ou

moins, suivant la résistance de frottement qu'on désire obtenir. C'est cette résistance de frottement qui est mise en comparaison avec la résistance, de valeur équivalente, d'un poids soulevé verticalement.

» *Valeur en poids de la résistance du frein.* — Il y a une première opération à faire : la détermination de l'équivalence, en kilogrammes, de la résistance de frottement du frein, pour les conditions choisies de pression exercée sur le treuil et de vitesse imprimée à sa rotation. Cette détermination est faite par un procédé analogue à celui qui est employé dans le cas d'entraînement horizontal du chariot patinant sur ses rails. On accroche un dynamomètre sous le plateau descendant de l'appareil et l'on met ce plateau en mouvement à l'aide d'une traction exercée sur le dynamomètre. Le moyen employé pour opérer cette traction importe peu, pourvu qu'elle s'effectue régulièrement avec la vitesse voulue. Alors, le treuil se déplace sous le frein comme dans le cas où il est actionné directement par le moteur électrique. *L'indication qu'on obtient du dynamomètre est donc la valeur, en kilogrammes, de la résistance développée par le frein à la surface du treuil, pendant cet entraînement direct. C'est aussi la valeur de la charge qu'il faut mettre dans le plateau ascendant pour créer un travail moteur identique à celui qui se produit sous le frein.*

» Tel est le principe de la méthode et de la technique à mettre en œuvre pour obtenir la valeur des charges qui équivalent à la valeur des résistances du frein, en vue de la comparaison des dépenses que le déplacement de ces charges ou résistances entraîne respectivement. Ce principe est simple et sûr. Mais à l'application les difficultés ne manquent pas : il faut éviter les incertitudes que les oscillations du dynamomètre introduisent dans la lecture de ses indications. Mais, avec des moyens simples dont je ne puis parler faute de place, on réussit toujours à s'affranchir des effets de ces influences perturbatrices.

» *Expériences fondamentales sur la dépense comparée dans le travail d'entraînement de la résistance du frein et dans le travail de soulèvement des charges.* — Lorsqu'on fait marcher le moteur pour vaincre la résistance tangentielle qui se développe à la surface du treuil, soit du fait de la pression du frein, soit du fait de la corde de suspension du plateau ascendant, muni de son chargement équivalent, on réalise exactement la même expérience, mais dans les deux conditions différentes que l'on a à mettre en présence l'une de l'autre.

» Pour comparer les dépenses énergétiques entraînées par le travail du moteur dans ces deux conditions, on commence par déterminer la dépense qui accompagne l'entraînement de la résistance du frein. Puis, celui-ci étant supprimé, on place la charge équivalente à la valeur de sa résistance dans le plateau ascendant et l'on détermine la

dépense nécessaire pour soulever cette charge avec la même vitesse du moteur que dans l'entraînement de la résistance du frein. *Or, la dépense (dépense totale) indiquée par les instruments de mesure est sensiblement la même dans les deux cas.*

» Si, d'autre part, avant ces opérations de travail moteur, on a soin de déterminer la dépense exigée par l'équilibration de la résistance à déplacer ou à soulever, *on constate encore, dans les deux cas, la même quasi-identité de dépense ; il faut une quantité à peu près égale d'énergie pour amener les deux résistances au seuil de la mobilisation.*

» Enfin, en neutralisant la résistance du frein ou celle de la charge libre par un poids équivalent ou égal placé dans le plateau descendant, on supprime tout travail mécanique, partant toute occasion de dépense pour équilibration et pour déplacement des résistances. Il ne subsiste, lorsqu'on met le moteur en mouvement, que la dépense affectée à la création de la vitesse. *Or, dans les deux cas encore, les vitesses identiques exigent des dépenses identiques, ou à très peu de chose près.*

» Il suffit d'un petit nombre d'expériences, très soigneusement faites, pour obtenir ces déterminations fondamentales, d'où *découle la preuve qu'il n'existe aucune différence, au point de vue de la dépense énergétique et des éléments qui la constituent, entre les travaux mécaniques résultant du déplacement angulaire de la résistance d'un frein ou du soulèvement d'une charge, si la résistance du frein et la charge sont de valeur équivalente.*

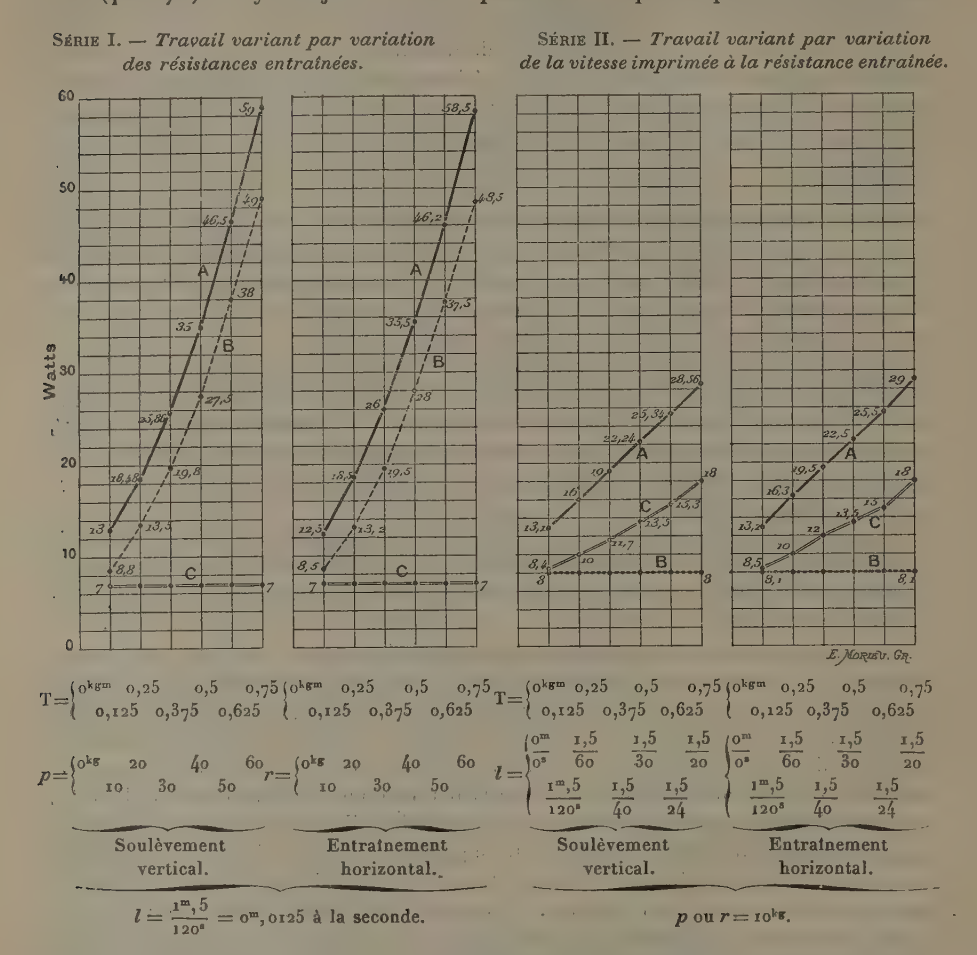
» *Conditions qui favorisent la comparaison des dépenses.* — L'identité de la dépense énergétique et de son mode d'emploi, dans les deux cas étudiés, étant ainsi préalablement établie, on peut simplifier les expériences de comparaison, tout en les rendant plus exactes.

» En effet, prenons le cas type où l'on a déterminé, pour une charge et une vitesse données : *a*, la dépense totale occasionnée par le travail de soulèvement ; *b*, la dépense partielle consacrée à l'équilibration de la charge ; *c*, celle qui est affectée à la création de la vitesse de son déplacement. On peut retrouver, avec une certaine promptitude, toutes ces déterminations pour le cas symétrique de travail sous le frein, en supprimant la recherche des conditions de ce cas par l'emploi du dynamomètre. Il suffit, après la substitution du frein à la charge, de chercher directement, par tâtonnement, quel est le poids dont il faut charger le frein pour obtenir une résistance de frottement qui puisse être entraînée dans le même temps que la résistance du poids et avec la même dépense en volts et en ampères. Le plus souvent même, il suffit de viser cette égalité de dépense, et, quand on l'a obtenue, il se rencontre toujours que le travail s'est exécuté exactement ou presque exactement dans le même temps que quand il y avait soulèvement de la charge. On en conclut que cette charge représente la valeur de la résistance du frein et peut être employée pour l'équilibrer.

» Il est à peine besoin d'ajouter que les dépenses partielles vouées à la neutralisation de la résistance du frein et à la création de la vitesse de son déplacement s'obtiennent ensuite sans difficulté, par les procédés déjà décrits.

» En profitant de cette méthode, j'ai pu rassembler un grand nombre de documents dans lesquels l'égalité de la dépense totale et des dépenses partielles s'est révélée, dans les deux cas comparés, tantôt avec une rigoureuse exactitude, tantôt avec de très petits écarts. J'ai groupé ceux des résultats qui avaient été obtenus dans des conditions instrumentales à très peu près similaires, et j'en ai tiré des moyennes avec lesquelles

ont été construits les graphiques ci-dessous, qui font pendant à ceux de la dernière Note (p. 1270). On y a disjoint et mis en parallèle les dépenses qui concernent le sou-




lèvement des charges et celles qui concernent l'entraînement de la résistance du frein. L'identité saute de suite aux yeux. Elle est aussi manifeste dans la série I, où le travail moteur croît en fonction de la valeur des résistances, que dans la série II, où il croît en fonction de la vitesse du déplacement de la résistance. A représente la dépense totale de ce travail moteur; B, la part qui appartient, dans cette dépense totale, à l'équilibration des résistances, et C, celle de la vitesse qui est imprimée à leur déplacement. Le calcul de la dépense attachée à ce déplacement lui-même n'a pas été fait, faute de la détermination de la dépense stérile, détermination qui n'avait pas été jugée utile au but poursuivi dans les présentes recherches ([1]).

([1]) Toutes les expériences ont été faites avec le concours de M. J. Tissot.

» *En résumé, dans l'entraînement des résistances de valeur dynamométrique déterminée, que les freins développent à la surface des arbres ou des treuils, il entre en jeu la même énergie que dans le soulèvement des poids de même valeur que ces résistances.*

» *De plus, cette énergie est employée exactement de la même manière, aux mêmes fonctions également dissociables : la neutralisation de la résistance, la création de la vitesse imprimée à son déplacement, l'exécution de ce déplacement lui-même ou du travail mécanique.*

» *La seule différence existant entre les deux modes de travail moteur, c'est que, dans le cas d'entraînement des résistances sous le frein, aucune part de l'énergie employée pendant le travail ne subsiste après à l'état de force vive en puissance.* »

ZOOLOGIE. — *Sur le mode de multiplication des Trypanosomes des Poissons.* Note de MM. **A. Laveran** et **F. Mesnil.**

« Dans une Note antérieure ([1]), nous avons résumé nos recherches sur la morphologie des Trypanosomes des Poissons; nous avons montré que ces parasites devaient être classés dans les genres *Trypanosoma* et *Trypanoplasma;* la différence fondamentale entre ces genres étant fournie par le nombre et la disposition des flagelles : un seul flagelle à l'extrémité antérieure dans le genre *Trypanosoma,* un flagelle à l'extrémité antérieure et un autre à l'extrémité postérieure dans le genre *Trypanoplasma.*

» Depuis la publication de cette Note, nous avons continué nos recherches sur les Trypanosomes des Poissons et nous sommes en mesure de combler une lacune qui existait dans notre description.

» Nous écrivions (p. 674) :

» Nous n'avons jamais vu de formes de division de ces Hématozoaires; il est bien probable que chez les Poissons, comme chez les Rats infectés de *Tr. Lewisi,* il y a une période de multiplication assez courte après laquelle les parasites persistent dans le sang mais ne se divisent plus. Pour observer les formes de division, il faudrait donc inoculer les Trypanosomes à des Poissons non infectés; les tentatives que nous avons faites dans ce sens ne nous ont donné, jusqu'ici, que des résultats négatifs. »

» Nos tentatives d'inoculation des Trypanosomes des Poissons à des Poissons de même espèce avaient été faites apparemment dans de mau-

---

([1]) *Comptes rendus,* séance du 28 octobre 1901.

vaises conditions, car ces expériences, reprises au printemps de cette année, nous ont donné souvent des résultats positifs et nous ont permis, suivant nos prévisions, d'étudier les formes de multiplication des Trypanosomes des Poissons.

» On ne trouve dans les auteurs que très peu de renseignements sur le mode de multiplication des Trypanosomes des Poissons.

» Danilewsky admet que la multiplication de ces Trypanosomes se fait par division binaire inégale, les jeunes Trypanosomes ayant l'aspect de Monades [1].

» D'après Chalachnikow, les jeunes Trypanosomes des Poissons se multiplient par division longitudinale; l'auteur aurait vu aussi dans le sang de *Cyprinus carpio* et de *Esox lucius*, conservé quelques jours *in vitro*, des masses protoplasmiques en voie de division qu'il considère comme des formes de multiplication des Trypanosomes [2].

» L'étude de la structure et des formes de multiplication des Trypanosomes des Poissons n'est possible que sur des préparations de sang bien fixées et bien colorées, et il n'y a pas lieu de s'étonner si les descriptions de Chalachnikow, basées sur l'observation du sang frais non coloré ou insuffisamment coloré, sont inexactes sur beaucoup de points. Chalachnikow figure des Trypanosomes du Brochet avec des flagelles aux deux extrémités, alors que ce Trypanosome n'a jamais qu'un flagelle à l'extrémité antérieure.

» Les masses protoplasmiques vues par le même observateur, dans des préparations de sang conservées *in vitro*, ne paraissent avoir aucun rapport avec la multiplication des Trypanosomes. Peut-être les Trypanosomes des Poissons peuvent-ils s'agglutiner *in vitro* comme font d'autres Trypanosomes, ce qui expliquerait certaines des formes décrites par Chalachnikow; les Trypanosomes des Poissons sont, en général, si peu nombreux dans le sang que ce phénomène est difficile à étudier; il est admissible que, les Poissons examinés par Chalachnikow étant plus fortement parasités que les nôtres, des agglutinations ont pu se produire.

» Les expériences qui suivent montrent qu'il est facile d'inoculer les Trypanosomes d'un Poisson à un Poisson de même espèce en injectant dans le péritoine un peu du sang qui contient des Trypanosomes.

» *Expérience I.* — Le 15 avril 1902, un Brochet d'une livre environ est sacrifié; le

---

(1) *Biologisches Centralbl.*, 1er novembre 1885.

(2) Chalachnikow, *Recherches sur les parasites du sang*. Kharkow, 1888.

sang qui contient des Trypanosomes en très petit nombre est mélangé à de l'eau physiologique citratée et l'on injecte $0^{cm^3},5$ du mélange dans la cavité péritonéale de deux jeunes Brochets. Ces Brochets, qui mesurent l'un $15^{cm}$ et l'autre $12^{cm}$ de long, sont conservés au laboratoire depuis plusieurs mois; l'examen de leur sang fait à diverses reprises n'a jamais révélé l'existence de Trypanosomes; nous désignerons ces Brochets par les lettres A et B.

» *Brochet A :* $15^{cm}$ de long. — Examen du sang fait le 23 avril, 8 jours après l'inoculation : on ne voit aucun Trypanosome. 3 mai, Trypanosomes rares. 11 mai, le nombre des Trypanosomes a sensiblement augmenté. A partir du 20 mai, le nombre des Trypanosomes diminue; le 4 juin, on a de la peine à trouver un Trypanosome dans une préparation de sang qui est longuement examinée. Le Brochet a survécu.

» *Brochet B :* $12^{cm}$ de long. — Le 2 mai, 17 jours après l'inoculation, on note, à l'examen du sang, des Trypanosomes très rares. 7 mai, le nombre des parasites a sensiblement augmenté; en se servant de l'oculaire 1 et de l'objectif 7 de Verick, on compte jusqu'à cinq Trypanosomes dans un même champ. 13 mai, le brochet est sacrifié; le nombre des Trypanosomes a diminué. Les Trypanosomes ne sont pas plus nombreux dans les vaisseaux des reins ou de la rate que dans le sang recueilli dans le cœur ou à la périphérie.

» Les Trypanosomes vus chez ces deux Brochets et examinés avec soin, sur des préparations de sang desséché et coloré, ont présenté tous les caractères de *Tr. Remaki* var. *parva*. Les Trypanosomes mesurent de $23^{\mu}$ à $35^{\mu}$ de long; ils sont assez souvent en voie de division.

» *Expérience II.* — Le 8 mai 1902, le sang d'un Rotengle (*Scardinius erythrophthalmus*), contenant de rares *Trypanoplasma Borreli*, est inoculé dans la cavité péritonéale de cinq Rotengles (deux de dimension moyenne et trois petits); chacun des Poissons inoculés reçoit $0^{cm^3},5$ environ du sang fortement dilué dans l'eau physiologique citratée. Les cinq Rotengles ont été examinés avec soin avant l'inoculation, l'existence de Trypanoplasmes n'a été notée chez aucun d'eux.

» 16 mai : l'examen du sang fait chez deux des Rotengles inoculés est négatif.

» 21-26 mai : on note l'existence de Trypanoplasmes (*Tr. Borreli*) en petit nombre chez trois des Rotengles inoculés, l'examen du sang est négatif chez les deux autres.

» 29 mai : deux des Rotengles sont trouvés morts (un moyen et un petit); ce sont justement ceux chez lesquels l'examen du sang a été négatif.

» Les Trypanoplasmes sont rares dans le sang des trois Rotengles infectés; les deux petits Rotengles sont sacrifiés, les Trypanoplasmes sont rares dans la rate et dans les reins comme dans le sang pris à la périphérie.

» Chez le Rotengle moyen qui survit, l'examen du sang, fait dans les premiers jours de juin, montre des Trypanoplasmes très rares.

» Cette expérience sur les Trypanoplasmes du Rotengle a été répétée plusieurs fois avec des résultats analogues.

» On voit que les Trypanosomes apparaissent au bout de 15 à 20 jours dans le sang des Poissons inoculés; les parasites se multiplient pendant 10

à 15 jours; leur nombre diminue ensuite plus ou moins rapidement. Aucun des animaux inoculés n'a montré, à l'examen du sang, des Trypanosomes en grand nombre, aucun n'est mort d'accidents pouvant être imputés aux Trypanosomes.

» C'est en examinant du sang recueilli pendant la période de multiplication des Trypanosomes, chez les animaux infectés artificiellement, que nous avons pu observer les formes de division des hématozoaires. Le sang étalé en couche mince, séché rapidement et fixé par l'alcool absolu, était coloré par le procédé qui a été préconisé par l'un de nous.

» *Formes de multiplication de* Trypanosoma Remaki. — Le Trypanosome qui va se diviser augmente un peu de volume, surtout en largeur. La division peut commencer par le noyau; le plus souvent c'est le centrosome qui se divise le premier.

» Le centrosome s'élargit, puis se divise en deux petites masses sphériques qui, accolées d'abord, ne tardent pas à se séparer; en même temps le flagelle se divise à sa base (partie aboutissant au centrosome) et ensuite dans toute sa longueur. Le noyau qui va se diviser s'allonge dans le sens du grand axe du Trypanosome, la chromatine s'accumule aux extrémités, enfin le noyau se divise en deux parties égales. On distingue, en général, dans le noyau mère et dans chacun des noyaux résultant de sa division, un gros granule de chromatine au milieu de granules plus petits.

» A un moment donné le Trypanosome présente deux noyaux, deux centrosomes, deux membranes ondulantes et deux flagelles; la division du protoplasme se fait alors rapidement.

» La division est presque égale, si bien que les Trypanosomes de nouvelle formation se distinguent difficilement des Trypanosomes plus anciens.

» Toutes les formes observées chez nos Brochets infectés artificiellement pouvaient être rapportées à la petite variété de *Tr. Remaki;* la longueur des éléments parasitaires en voie de division variait de $28^{\mu}$ à $35^{\mu}$. Chez le Brochet qui a fourni le sang pour les inoculations on n'avait noté aussi que *Tr. Remaki* var. *parva*. Ces expériences ne tranchent pas la question de savoir si les petits et les grands Trypanosomes que l'on rencontre souvent simultanément dans le sang du Brochet appartiennent ou non à la même espèce, mais on peut espérer qu'on arrivera, par la voie expérimentale que nous avons ouverte, à résoudre cette question.

» *Formes de multiplication de* Trypanoplasma Borreli. — Les Trypanoplasmes sont toujours rares dans le sang des Rotengles infectés artificielle-

ment, comme dans le sang de ceux qui se sont infectés par les voies naturelles; l'observation des différents stades de la multiplication est, par suite, très difficile. Nous avons trouvé, dans le sang des Rotengles inoculés (expérience II, préparations du sang desséché et coloré), des formes en voie manifeste de division longitudinale; le noyau était complètement divisé en deux parties égales et les flagelles étaient divisés partiellement ou totalement (parties libres et partie bordant la membrane ondulante); nous croyons donc pouvoir conclure que la multiplication a lieu par bipartition.

» *Trypanosoma Remaki* et *Trypanoplasma Borreli* se multiplient, en somme, par division binaire égale ou subégale, comme le Trypanosome du Nagana, *Tr. Brucei*, dont nous avions étudié (1) précédemment le mode de multiplication.

» Nos recherches démontrent, en outre, que les Trypanosomes d'un Poisson peuvent être facilement inoculés à un Poisson de même espèce; fait intéressant, puisqu'il rend possible l'étude expérimentale des Trypanosomes des Poissons.

» Il paraît résulter enfin de nos expériences que les Trypanosomes des Poissons ne sont pas pathogènes ou qu'ils ne le sont qu'à un bien faible degré. »

## CORRESPONDANCE.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance :

1° Les « Études et données sur l'hydrologie générale de la France, au point de vue de l'annonce des crues », publiées par M. *Georges Lemoine*, avec la collaboration de M. *Babinet* : « Bassins de la Garonne et de l'Adour ». (Présenté par G. Lemoine.)

2° Le « Bulletin de la Commission météorologique du département de la Haute-Garonne », t. I, 1er fascicule, 1901. (Présenté par M. Mascart.)

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur une hypothèse concernant l'origine des satellites.* Note de M. L. Picart, présentée par M. Callandreau.

« On s'est demandé à diverses reprises si les satellites des planètes ne peuvent avoir été à l'origine des petites planètes ou des comètes qui, se

(1) *Soc. de Biologie*, 23 mars 1901, et *Annales de l'Institut Pasteur*, janvier 1902.

rapprochant de la grosse planète, auraient été maintenues dans son voisinage par son attraction.

» La question peut être tranchée facilement pour les satellites connus actuellement, si l'on néglige les excentricités des orbites des planètes principales. L'intégrale de Jacobi fournit, en effet, suivant une remarque de M. Hill, une condition suffisante de stabilité : si l'on a $\alpha^3 < \frac{k^2 m}{81 n^2}$, $\alpha$ désignant le demi-grand axe de l'orbite instantanée du satellite autour de la planète, $k^2$ la constante de Gauss, $m$ la masse de la planète, $n^2$ son moyen mouvement, on peut affirmer que le mouvement est stable, c'est-à-dire que le satellite restera et est toujours resté dans le voisinage de la planète.

» Le calcul de ces quantités $\frac{k^2 m}{81 n^2}$ donne, pour les planètes qui ont des satellites, la distance moyenne de la Terre au Soleil étant prise pour unité :

| Terre. | Mars. | Jupiter. | Saturne. | Uranus. | Neptune. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,003369 | 0,002417 | 0,118376 | 0,144783 | 0,153704 | 0,312616 |

» Or les distances moyennes des satellites les plus éloignés de ces planètes sont respectivement :

| Terre. | Mars. | Jupiter. | Saturne. | Uranus. | Neptune. |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,002572 | 0,000157 | 0,012583 | 0,023798 | 0,003914 | 0,002392 |

» Il est donc impossible que ces satellites aient été d'abord éloignés des planètes.

» Pour voir maintenant si un astre primitivement éloigné de la planète peut rester à son voisinage, prenons trois axes de coordonnées rectangulaires ayant pour origine le centre de la planète, l'axe des $x$ étant dirigé du Soleil vers la planète, l'axe des $z$ étant perpendiculaire au plan de l'orbite, et désignons par $r$ la distance de l'astre à la planète; les équations du mouvement fournissent aisément la combinaison suivante :

$$\frac{1}{2}\frac{d^2(r^2)}{dt^2} - v^2 - 2n\left(x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt}\right)$$
$$+ \frac{k^2 m}{r} + \frac{k^2}{\rho} - n^2[(x-a)^2 + y^2] + a(x-a)\left(\frac{k^2}{\rho^3} - n^2\right) = 0;$$

$a$ et $\rho$ sont les distances de la planète et de l'astre au Soleil, et $v$ est la vitesse relative de l'astre par rapport à la planète, donnée par l'intégrale

de Jacobi

$$\frac{v^2}{2} = \frac{k^2 m}{r} + \frac{k^2}{\rho} + \frac{n^2}{2}[(x-a)^2 + y^2] + h,$$

$h$ étant une constante.

» Supposons que les puissances de $\frac{x}{a}, \frac{y}{a}, \frac{z}{a}$ d'ordre supérieur au second puissent être négligées dans ces équations; on aura

$$\frac{1}{2}\frac{d^2(r^2)}{dt^2} = 2n\left(x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt}\right) + \frac{k^2 m}{r} + 6n^2x^2 - 2n^2z^2 + 2C,$$

C étant la constante $h + \frac{3}{2}n^2a^2$, qui est égale à $-\frac{k^2 m}{\alpha}$.

» Il est impossible que le second membre de cette équation reste positif, si $r$ reste très petit; en effet, à partir d'une certaine époque, $\frac{d(r^2)}{dt}$ serait constamment positif, et $r$ augmenterait indéfiniment. Lorsque le mouvement est direct, ce qui est le cas de la grande majorité des satellites, l'expression $x\frac{dy}{dt} - y\frac{dx}{dt}$ est positive; il est donc impossible que l'astre reste, par rapport à la surface

$$\frac{k^2 m}{\alpha} + 6n^2x^2 - 2n^2z^2 - \frac{2k^2 m}{\alpha} = 0,$$

du même côté que l'origine.

» Les points de cette surface les plus voisins de l'origine sont ceux où elle est percée par l'axe des $z$, et leur distance est donnée par l'équation

$$\frac{k^2 m}{z} - 2n^2z^2 - \frac{2k^2 m}{\alpha} = 0.$$

» Cette équation a une racine positive qui augmente quand $\alpha$ augmente. Nous laissons de côté le cas où $\alpha$ est plus petit que $\alpha_0 = \frac{k_2 m}{81 n^2}$, qui a été examiné précédemment; la racine positive de l'équation en $z$ est donc plus grande que celle de l'équation

$$2z^2 + 2 \times 81\alpha_0^3 z - 81\alpha_0^3 = 0,$$

qui est elle-même plus grande que $\frac{\alpha_0}{3}$. En se reportant aux valeurs de $\alpha_0$ données plus haut, on voit que, sauf pour la Terre, les valeurs de $\frac{\alpha_0}{3}$ sont

notablement supérieures aux distances moyennes des satellites aux planètes.

» On en conclut que, si un astre devenait satellite *à mouvement direct*, il ne pourrait rester à une distance de la planète égale à celle des satellites connus.

» La même conclusion s'applique aux satellites dont les orbites seraient inclinées d'un peu plus de 90° sur l'orbite de la planète, comme les satellites d'Uranus, puisque $x\frac{dy}{dt}-y\frac{dx}{dt}$ est très petit.

» Mais cette discussion ne paraît pouvoir s'étendre aux satellites rétrogrades, la valeur moyenne de $x\frac{dy}{dt}-y\frac{dx}{dt}$ étant de l'ordre de C. »

GÉOMÉTRIE. — *Sur certains couples de surfaces applicables.* Note de M. **Maurice Fouché**.

« Je me propose de montrer que l'on peut trouver, sans autres intégrations que celles qui sont nécessaires pour déterminer deux courbes gauches dont on connaît la courbure et la torsion en fonction de l'arc, une infinité de couples de surfaces applicables jouissant de la propriété suivante : sur chaque surface d'un même couple existe un réseau conjugué dans lequel les lignes d'une famille sont planes, et les lignes planes d'une des deux surfaces s'appliquent sur les lignes conjuguées des lignes planes de l'autre.

» On peut, dans l'espace à quatre dimensions, déformer l'espace ordinaire avec conservation de l'élément linéaire; on obtient ainsi des variétés à trois dimensions qui peuvent être qualifiées de *développables*. Une variété développable à trois dimensions est l'enveloppe d'une variété plane mobile; on peut aussi la représenter par les quatre équations

$$(1)\qquad x_i=\xi_i+\alpha\xi'_i+\beta\xi''_i \qquad (i=1,2,3,4),$$

$\xi_i$ étant les coordonnées d'une courbe exprimées en fonction de l'arc $u$; $\xi'_i$ et $\xi''_i$ les dérivées première et seconde de $\xi_i$; $\alpha$ et $\beta$ deux variables indépendantes.

» L'élément linéaire se met sous la forme

$$ds^2=\left(1+\alpha^2\rho^2-2\beta\rho^2+2\alpha\beta\rho\frac{d\rho}{du}+\beta^2\varphi^2\right)du^2$$
$$+2(1-\rho^2)\,du\,d\alpha+2\left(\alpha\rho^2+\beta\rho\frac{d\rho}{du}\right)du\,d\beta+d\alpha^2+\rho^2\,d\beta^2,$$

si l'on pose

$$\rho^2 = \xi_1''^2 + \xi_2''^2 + \xi_3''^2 + \xi_4''^2,$$
$$\varphi^2 = \xi_1'''^2 + \xi_2'''^2 + \xi_3'''^2 + \xi_4'''^2.$$

» Il ne change pas si l'on remplace la courbe $\xi$ par une autre, à condition que $\rho$ et $\varphi$ conservent la même valeur. On applique la variété développable sur l'espace ordinaire, en annulant l'une des quatre coordonnées $\xi_i$ et en conservant les valeurs de $\rho$ et de $\varphi$. Or $\rho$ est la courbure de la courbe ainsi obtenue et $\varphi$ dépend de la courbure et de la torsion, ce qui montre bien que l'on a à chercher une courbe connaissant sa courbure et sa torsion en fonction de l'arc.

» Si l'on établit entre $\alpha$ et $\beta$ une relation quelconque, on aura, dans l'espace à quatre dimensions, une surface qui sera entraînée par la déformation de la variété et donnera, dans l'espace ordinaire, une surface ayant même élément linéaire. Les lignes $u =$ const. seront des lignes planes, aussi bien dans l'espace à quatre dimensions que dans l'espace à trois dimensions.

» Cela posé, considérons, dans l'espace à quatre dimensions, la surface (S) qui résulte de l'intersection de deux variétés développables (V) et ($V_1$). Si l'on applique successivement sur l'espace ordinaire à trois dimensions les deux variétés (V) et ($V_1$), la surface (S) sera entraînée dans chacune des deux déformations et donnera, dans l'espace à trois dimensions, deux surfaces applicables ($S_1$) et ($S_2$).

» On peut représenter l'intersection de deux variétés développables par les équations

$$(2) \qquad x_i = \xi_i + \alpha\xi_i' + \beta\xi_i'' = \eta_i + \lambda\eta_i' + \mu\eta_i'' \qquad (i = 1, 2, 3, 4),$$

où $\xi_i$ sont des fonctions de $u$, $\eta_i$ des fonctions d'une autre variable indépendante $v$; $\xi_i'$, $\xi_i''$, $\eta_i'$, $\eta_i''$ leurs dérivées respectives premières et secondes, et $\alpha$, $\beta$, $\lambda$, $\mu$ des fonctions de $u$ et de $v$ définies par les équations (2) elles-mêmes. On aura la surface ($S_1$) en remplaçant, dans les équations (1), les quatre coordonnées $\xi$ par les trois coordonnées d'une courbe ordinaire ayant une courbure et une torsion définies comme il a été indiqué plus haut, ces coordonnées étant des fonctions de $u$, et en remplaçant aussi $\alpha$ et $\beta$ par leurs valeurs tirées des équations (2). La surface ($S_2$) s'obtiendra de la même manière; mais les coordonnées $\xi$ seront remplacées par des coordonnées $\eta$ qui seront des fonctions de $v$; $\alpha$ et $\beta$ devront être remplacées par les valeurs de $\lambda$ et de $\mu$ tirées des équations (2). Les courbes $u =$ const.

sont planes sur la surface $(S_1)$; sur la surface $(S_2)$, ce sont les courbes $v = $ const.

» Dans l'espace à quatre dimensions, les plans tangents en deux points infiniment voisins d'une surface n'ont, en général, pas d'autres points communs que le point de contact. Mais, si l'on considère une variété développable comme l'enveloppe d'une variété plane mobile, on trouvera aisément que, sur la surface (S), les plans tangents en deux points infiniment voisins de la courbe $u =$ const. se coupent suivant une droite qui est la tangente à la courbe $v =$ const. Cette propriété se conserve dans la déformation, parce que la condition qui l'exprime analytiquement ne dépend que de $\alpha$ et $\beta$. Il en résulte que, sur les deux surfaces $(S_1)$ et $(S_2)$, les lignes $u =$ const. et $v =$ const. sont conjuguées, comme nous l'avons annoncé.

» Les dérivées secondes disparaissent des formules (1), si l'on prend des variétés cylindriques ou coniques. Par exemple, en partant de deux variétés cylindriques hélicoïdales définies par les équations

$$\begin{aligned} x_1 &= a\cos u - \alpha a \sin u = b\cos v - \lambda b \sin v,\\ x_2 &= a\sin u + \alpha a \cos u = b\sin v + \lambda b \cos v,\\ x_3 &= (u+\alpha)\sqrt{1-a^2} = \mu,\\ x_4 &= \qquad\qquad\qquad \beta = (v+\lambda)\sqrt{1-b^2}, \end{aligned}$$

on trouve deux surfaces dont l'une a pour équations

$$\begin{aligned} x &= \frac{1}{a}\cos au - \frac{a\cos(u-v)-b}{\sin(u-v)}\sin au,\\ y &= \frac{1}{a}\sin au + \frac{a\cos(u-v)-b}{\sin(u-v)}\cos au,\\ z &= v\sqrt{1-b^2} + \frac{a-b\cos(u-v)}{\sin(u-v)}\sqrt{1-b^2}; \end{aligned}$$

les équations de l'autre s'obtiennent en permutant $u$ et $v$ et $a$ et $b$.

» Si l'on fait $a = b$, les deux surfaces deviennent identiques, mais les variables $u$ et $v$ sont permutées. On a ainsi une surface applicable sur elle-même; mais il ne s'agit pas d'un simple déplacement, les lignes $u =$ const. et $v =$ const. n'étant pas égales; il faut réellement déformer la surface pour la réappliquer ensuite sur elle-même, de manière que les lignes $u =$ const. s'appliquent sur les lignes $v =$ const. »

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'intégration des systèmes différentiels complètement intégrables.* Note de **M. E. Cartan**, présentée par M. É. Picard.

« Étant donné un système d'équations aux différentielles totales complètement intégrable

$$(1)\quad \begin{cases} \omega_1 = a_1\,dx_1 + \ldots + a_n\,dx_n = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ \omega_r = l_1\,dx_1 + \ldots + l_n\,dx_n = 0, \end{cases}$$

la considération des covariants bilinéaires des premiers membres et celle des *expressions différentielles intégrales* permettent d'arriver à des résultats très importants relatifs à l'intégration du système.

» I. Si $u_1, u_2, \ldots, u_r$ désignent $r$ intégrales indépendantes du système, j'appelle *expression différentielle intégrale* une expression

$$\varpi = \alpha_1\,dx_1 + \ldots + \alpha_n\,dx_n$$

susceptible de se mettre sous la forme

$$\varpi = A_1\,du_1 + \ldots + A_r\,du_r,$$

les A étant des fonctions des $u$ seulement. On verra immédiatement l'intérêt que présentent ces expressions intégrales d'après les remarques suivantes :

» 1° Si la transformation infinitésimale

$$Xf = \xi_1 \frac{\partial f}{\partial u_1} + \ldots + \xi_n \frac{\partial f}{\partial u_n}$$

laisse le système donné invariant, l'expression covariante

$$(X, \varpi) = \xi_1\alpha_1 + \ldots + \xi_n\alpha_n$$

est une intégrale du système (1);

» 2° Si l'on a un système de $r$ expressions différentielles intégrales $\varpi_1, \varpi_2, \ldots, \varpi_r$ linéairement indépendantes et si U est une intégrale particulière quelconque de (1), les coefficients $U_1, \ldots, U_r$ de

$$dU \equiv U_1\varpi_1 + U_2\varpi_2 + \ldots + U_r\varpi_r$$

sont encore des intégrales de (1).

» II. Il existe une méthode générale d'intégration lorsqu'on connaît un système de $r$ expressions différentielles intégrales indépendantes.

» On a d'abord le théorème suivant :

» *La condition nécessaire et suffisante pour que* $\omega_1, \omega_2, \ldots, \omega_r$ *soient* $r$ *expressions différentielles intégrales de* (1) *est que leurs covariants bilinéaires* $\omega'_1, \ldots, \omega'_r$ *puissent se mettre symboliquement sous la forme*

$$\omega'_i = \sum_{\lambda, \mu} C_{\lambda\mu i}\,\omega_\lambda\,\omega_\mu. \tag{2}$$

» Alors *les coefficients* $C_{\lambda\mu i}$ *sont des intégrales du système donné,* d'où l'on peut déduire d'autres intégrales par le procédé exposé plus haut (I), et ainsi de suite. Lorsque ce procédé ne donne plus aucune intégrale nouvelle et si $(r-s)$ est le nombre des intégrales indépendantes ainsi obtenues, en les égalant à des constantes arbitraires, il reste $s$ expressions différentielles intégrales indépendantes, soit $\omega_1, \ldots, \omega_s$, et *pour le nouveau système les coefficients* $C_{\lambda\mu i}$ *sont des constantes* (fonctions des $r-s$ intégrales déjà trouvées).

» *On est donc ramené au cas où dans les formules* (2) *les coefficients* $C_{\lambda\mu i}$ *sont tous constants*. Dans ce cas *ces* $r^3$ *constantes déterminent une structure d'un groupe* G.

» Si $\Gamma$ est un sous-groupe invariant de G, et si l'on s'est arrangé pour que les transformations infinitésimales de $\Gamma$ soient $X_{h+1}f, \ldots, X_r f$, alors le système

$$\omega_1 = \omega_2 = \ldots = \omega_h = 0 \tag{3}$$

est complètement intégrable; $\omega_1, \ldots, \omega_h$ en sont des expressions différentielles intégrales, et les constantes correspondantes sont les constantes de la structure du groupe $G|\Gamma$ isomorphe à G. Si $\Gamma$ est un sous-groupe invariant maximum, $G|\Gamma$ est simple. On voit que si l'on sait effectuer la décomposition de G en une série normale de sous-groupes, on aura ramené l'intégration du système donné à l'intégration successive de systèmes associés à des groupes simples. Mais il est à remarquer que si $G_i$ et $G_{i+1}$ sont deux sous-groupes consécutifs de la décomposition de G, la connaissance des intégrales du système associé au groupe simple $G_i | G_{i+1}$ permettra, en général, par des différentiations, d'avoir de nouvelles intégrales du système donné; d'une manière plus précise, on se ramènera à un système associé non pas à $G_{i+1}$, *mais au plus grand sous-groupe de* $G_{i+1}$ *invariant dans le groupe total* G.

» Si ce groupe G est simple, l'intégration du système donné (1) se ramène à celle d'un système d'équations différentielles ordinaires, de type déterminé par la seule structure de G. Supposons, en effet, que nous connaissions un groupe particulier G de la structure donnée avec le nombre minimum de variables $z_1, z_2, \ldots, z_p$, soit

$$(4) \qquad Z_i f = \zeta_{i1} \frac{\partial f}{\partial z_1} + \ldots + \zeta_{ip} \frac{\partial f}{\partial z_p};$$

alors le système

$$(5) \qquad \begin{cases} dz_1 + \zeta_{11}\omega_1 + \ldots + \zeta_{r1}\omega_r = 0, \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \\ dz_p + \zeta_{1p}\omega_1 + \ldots + \zeta_{rp}\omega_r = 0 \end{cases}$$

est *complètement intégrable;* on peut l'intégrer par la méthode de Lie-Mayer, en posant par exemple

$$x_2 = t_2 x_1, \quad \ldots, \quad x_n = t_n x_1,$$

les $t$ désignant des paramètres arbitraires. Si alors

$$(6) \qquad z'_i = f_i(z_1, \ldots, z_p; c_1, c_2, \ldots, c_r)$$

sont les équations finies du groupe, l'intégrale générale de (5) est donnée par les formules (6), où $c_1, c_2, \ldots, c_r$ sont $r$ fonctions particulières de $x_1, x_2, \ldots, x_n$. *Ces $r$ fonctions sont les intégrales cherchées du système* (1).

» On voit d'après cela que la connaissance de $r$ expressions différentielles intégrales linéairement indépendantes permet de ramener l'intégration du système à celle d'une suite de systèmes de types déterminés.

» III. Il est un cas célèbre où l'on a immédiatement $r$ expressions différentielles intégrales : *c'est celui où le système admet un groupe transitif à $r$ paramètres* $(X_1 f, \ldots, X_r f)$, le déterminant $(X_i, \omega_j)$ étant différent de zéro. Alors si, ce qu'il est toujours possible d'obtenir, on a

$$(X_i, \omega_i) = 1, \qquad (X_i, \omega_j) = 0 \qquad (i \neq j),$$

ces $r$ expressions différentielles sont intégrales et, de plus, les $r^3$ coefficients $C_{\lambda\mu i}$ correspondants sont les constantes de la structure du groupe donné. C'est la théorie connue de Lie sur les systèmes complets admettant un groupe donné.

» Je me propose, dans une prochaine Note, d'examiner le cas où l'on ne connaît pas un système de $r$ expressions différentielles intégrales. »

MÉCANIQUE. — *Sur la rupture et le déplacement de l'équilibre.* Note de M. **Jouguet**, présentée par M. Jordan.

« I. Considérons un système matériel défini par sa température T et des variables $\alpha, \beta, \lambda, \mu$ normales. Soient $\Omega(\alpha, \beta, \lambda, \mu)$ le potentiel externe, W la force vive, $d$P la transformation non compensée, $u$ l'énergie interne considérée comme une fonction de $\alpha, \beta, \lambda, \mu$ et de l'énergie $s$. Commençons par rappeler quelques formules de Gibbs :

(1) $$\mathrm{ET} = \frac{\partial u}{\partial s},$$

(2) $$d\Omega + du - \mathrm{ET}\,ds + d\mathrm{W} + \mathrm{ET}\,d\mathrm{P} = 0 \quad \text{(éq. des forces vives)}.$$

Convenons de représenter par une ou plusieurs lettres placées en indice après $d$, $\delta$ ou $\Delta$ les grandeurs qui restent constantes dans les différentiations indiquées par $d$, $\delta$, $\Delta$, et réservons $d$ pour les modifications réelles. La condition d'équilibre est

(3) $$\delta_s(u + \Omega) = 0.$$

» Dans une modification adiabatique, $ds = d\mathrm{P}$ et (2) devient

(4) $$\Omega + u + \mathrm{W} = \text{const.}$$

Or, pour une telle modification issue d'un état d'équilibre, $du = \frac{\partial \varepsilon}{\partial s} ds > 0$. Si donc

(5) $$\delta_s^2(u + \Omega) > 0,$$

le raisonnement de Dirichlet, fait sur (4), prouve la stabilité de l'équilibre du corps enfermé dans une enveloppe imperméable à la chaleur.

» Particularisons les actions extérieures en prenant un système de volume V soumis à une pression $p$, *système dont nous négligerons l'inertie.* $\lambda$, $\mu$ sont alors les densités des phases. Supposons-les *sans viscosité*. Raisonnant comme M. Duhem (*Mécanique chimique*, Livre I, Chap. VI), on peut les éliminer de $u$ et de $u + p\mathrm{V}$ qui deviennent respectivement les fonctions $\varepsilon(\alpha, \beta, \mathrm{V})$ et $\chi(\alpha, \beta, \mathrm{V})$ de Gibbs. On a

($1_a$) $$\mathrm{V} = \frac{\partial \chi}{\partial p}, \qquad \mathrm{ET} = \frac{\partial \chi}{\partial s};$$

($1_b$) $$p = -\frac{\partial \varepsilon}{\partial \mathrm{V}}, \qquad \mathrm{ET} = \frac{\partial \varepsilon}{\partial s};$$

et (2), (3) s'écrivent

(2$_a$) $$d_{s,p}\chi + \mathrm{ET}\,d\mathrm{P} = 0,$$

(2$_b$) $$d_{s,\mathrm{V}}\,\varepsilon + \mathrm{ET}\,d\mathrm{P} = 0,$$

(3$_a$) $$\delta_{s,p}\chi = 0,$$

(3$_b$) $$\delta_{s,\mathrm{V}}\varepsilon = 0.$$

» Supposons le système enfermé dans une enveloppe imperméable à la chaleur et, en outre, soit soumis à une pression constante, soit assujetti à garder un volume constant. Les conditions suivantes sont des conditions suffisantes de stabilité; nous les supposerons aussi nécessaires,

(5$_a$) $$\delta^2_{s,p}\chi > 0 \quad (p \text{ constant}).$$

(5$_b$) $$\delta^2_{s,\mathrm{V}}\,\varepsilon > 0.$$

» On peut, avec ces formules, démontrer les théorèmes suivants relatifs à la rupture et au déplacement de l'équilibre dans les systèmes soumis à une pression normale et uniforme. Ces théorèmes sont des cas particuliers de la loi nommée par M. Le Chatelier : *opposition de la réaction à l'action*. Ils sont corrélatifs de ceux que M. Duhem a étudiés dans le Livre I (Chap. VIII-XI) de sa *Mécanique chimique*. C'est la méthode de cet auteur que nous suivrons.

» II. *Rupture de l'équilibre*. — 1° Variation adiabatique de pression. Soit un état d'équilibre stable ou non $\alpha, \beta, s, p, \chi$. Augmentons rapidement et adiabatiquement la pression de $\mathrm{D}p$. Les densités étant sans viscosité, une contraction à $\alpha$, $\beta$ sensiblement constants accompagne cette variation de pression, et ce phénomène adiabatique est à peu près isentropique. On peut donc considérer qu'on arrive à l'état $\alpha$, $\beta$, $s$, $p + \mathrm{D}p$, $\chi'$. A partir de là, le corps subit une transformation $d\alpha$, $d\beta$, $ds$, $dp$ vérifiant (2$_a$). Donc $d_{s,p}\chi' < 0$. Mais, puisque $\alpha, \beta, s, p, \chi$ est un état d'équilibre, $d_{s,p}\chi = 0$. Donc

$$d_{s,p}\chi' - d_{s,p}\chi < 0 \qquad \text{ou} \qquad \int_p^{p+\mathrm{D}p}\left(\frac{\partial^2\chi}{\partial\alpha\,\partial p}\,d\alpha + \frac{\partial^2\chi}{\partial\beta\,\partial p}\,\alpha\beta\right)dp < 0.$$

» Or $\frac{\partial^2\chi}{\partial\alpha\,\partial p}\,d\alpha + \frac{\partial^2\chi}{\partial\beta\,\partial p}\,d\beta$, c'est la variation de volume $\Delta_{s,p}\mathrm{V}$ que produirait la modification $d\alpha$, $d\beta$ s'effectuant à $s$ et $p$ constants. Si $\mathrm{D}p$ *est assez petit*, $\Delta_{s,p}\mathrm{V}$ garde le même signe de $p$ à $p + \Delta p$ et l'on a

(6) $$\mathrm{D}p\,\Delta_{s,p}\mathrm{V} < 0.$$

» C'est un théorème corrélatif de celui de Robin, lequel s'applique à la rupture de l'équilibre par variation isothermique de pression.

» Les théorèmes suivants se démontrent tout à fait de même.

» 2° Variation adiabatique de volume DV. La modification $d\alpha$, $d\beta$ qui s'ensuit est telle que

$$\text{(7)} \qquad \mathrm{DV}\,\Delta_{s,\mathrm{V}}\,p > 0.$$

» 3° Addition de chaleur à pression constante. On augmente l'entropie de D$s$. La modification qui s'ensuit est telle que

$$\text{(8)} \qquad \mathrm{D}s\,\Delta_{s,p}\mathrm{T} < 0 \quad \text{ou encore} \quad \mathrm{D}s\,\Delta_{\mathrm{T},p}\,s > 0.$$

» 4° Addition de chaleur à volume constant.

$$\text{(9)} \qquad \mathrm{D}s\,\Delta_{s,\mathrm{V}}\mathrm{T} < 0 \quad \text{ou encore} \quad \mathrm{D}s\,\Delta_{\mathrm{T},\mathrm{V}}\,s > 0.$$

» (8) et (9) sont corrélatifs de la loi de Moutier. Ils pourraient s'étendre au cas où les actions extérieures sont quelconques.

» III. *Déplacement de l'équilibre.* — Si l'équilibre est stable, sa rupture doit conduire un système sans inertie à un état d'équilibre voisin. Aussi les résultats ci-dessus se transforment-ils, dans ce cas, en théorèmes relatifs au déplacement de l'équilibre, exprimés par les mêmes relations (6), (7), (8), (9) dans lesquelles les D représentent alors des variations infiniment petites, et corrélatifs des théorèmes de MM. Le Chatelier et Van't Hoff. Pour interpréter ainsi (6) et (8), il faut supposer stable l'équilibre adiabatique isobare. Pour interpréter de même (7) et (9), il faut supposer stable l'équilibre adiabatique sous volume constant.

» Montrons, sur le cas particulier de (6), qu'on peut arriver directement à cette interprétation. $\alpha$, $\beta$, $s$, $p$, $\chi$ et $\alpha + d\alpha$, $\beta + d\beta$, $s$, $p + \mathrm{D}p$, $\chi'$ sont deux points infiniment voisins d'une suite continue d'équilibres stables parcourue par le corps en restant dans une enveloppe imperméable à la chaleur. Donc $\delta_{s,p}\chi = \delta_{s,p}\chi' = 0$ et $\delta^2_{s,p}\chi > 0$. D'où

$$d\left(\frac{\partial\chi}{\partial\alpha}\right) = \frac{\partial^2\chi}{\partial\alpha^2}\,d\alpha + \frac{\partial^2\chi}{\partial\alpha\,\partial\beta}\,d\beta + \frac{\partial^2\chi}{\partial\alpha\,\partial p}\,\mathrm{D}p = 0,$$

$$d\left(\frac{\partial\chi}{\partial\beta}\right) = \frac{\partial^2\chi}{\partial\alpha\,\partial\beta}\,d\alpha + \frac{\partial^2\chi}{\partial\beta^2}\,d\beta + \frac{\partial^2\chi}{\partial\alpha\,\partial p}\,\mathrm{D}p = 0.$$

» Ajoutons après multiplication par $d\alpha$, $d\beta$. Il vient, vu ($1_a$),

$$\mathrm{D}p\,\Delta_{s,p}\mathrm{V} = -\,d^2_{s,p}\chi < 0.$$

» IV. Dans une prochaine Communication, nous montrerons, par des exemples, comment on peut utiliser les résultats précédents. »

ÉLECTRICITÉ. — *La décharge électrique dans la flamme.* Note de M. **Jules Semenov**, présentée par M. Lippmann.

« Dans une Note précédente [1], j'ai décrit une série d'expériences sur la décharge électrique dans la flamme de gaz d'éclairage. J'ai dit que le transport de la matière par le courant de la décharge se fait dans un seul sens : du pôle positif vers le pôle négatif.

» Mais, dans certaines circonstances, notamment lorsque la distance entre la flamme et le pôle opposé est très petite, il y a un échange apparent de matière dans les deux sens. Ce fait est dû à des causes spéciales que je vais décrire. Mais il est nécessaire de préciser d'abord le rôle de la flamme dans la décharge. Reliée à un pôle de la machine électrostatique ou d'une bobine d'induction, la flamme présente tous les caractères d'une tige terminée en pointe. La tension électrique maxima est au sommet de la flamme. Il en résulte un accroissement de la vitesse du gaz. En conséquence, on voit la flamme se rétrécir et, si le diamètre du bec est suffisamment faible, on peut même constater, au moyen d'un manomètre, une diminution de pression dans l'intérieur du bec. C'est ainsi que, le diamètre du bec étant de $0^{mm},5$ et la pression du gaz avant la charge mesurant $2^{cm}$ d'eau, le manomètre accuse une dépression de $2^{mm}$ à $3^{mm}$ pendant la charge (avec une bobine d'induction donnant des étincelles de $20^{cm}$).

» En même temps, apparaissent des aigrettes à l'extrémité de la flamme. L'aigrette positive affecte la forme d'un mince filet de $1^{cm}$ de longueur, servant de pied à un panache long de plusieurs centimètres; l'aigrette négative n'a pas de pied, ses ramifications commençant immédiatement à sa sortie de la flamme. L'augmentation de la vitesse du gaz dans la flamme est assez considérable pour que celle-ci s'éteigne dès qu'on réduit sa hauteur à moins de $2^{cm}$. La flamme une fois éteinte, la pression du gaz dans le bec revient à sa valeur primitive. En général, le courant d'air produit par la tension électrique à l'extrémité d'un tube métallique très fin ne se manifeste qu'autour du tube. A l'intérieur du tube l'air reste au repos. C'est également cet air extérieur à la flamme chargée d'électricité qui, entraînant la flamme, produit une dépression dans le bec. Ainsi donc, quand on fait passer la décharge d'une bobine entre une flamme et une

---

([1] *Comptes rendus*, t. CXXXIV, 1902, p. 1199.

pointe, on a un phénomène presque équivalent à une décharge électrique entre deux pointes placées dans un courant d'air très chaud, qui se dirigerait d'une pointe à l'autre, facilitant de la sorte la décharge dans un sens déterminé. Dans ces conditions, la flamme ferait office d'une soupape électrique. En effet, pour une flamme haute de $3^{cm}$ et située à $2^{cm}$ au-dessous de la pointe, l'étincelle équivalente entre deux boules en cuivre, dans les conditions ordinaires de pression et de température, sera de $3^{mm}$ quand la flamme est négative et de $5^{mm}$ quand la flamme est positive.

» Lorsque la distance entre la pointe et la flamme est assez grande pour empêcher l'étincelle de se produire, les aigrettes se montrent sur les deux pôles de la façon habituelle; de chaque pôle part un courant gazeux. Si l'on rapproche les pôles, les aigrettes sont remplacées par une étincelle : c'est le courant gazeux du pôle positif qui se transforme alors en étincelle. Près du pôle positif, au voisinage immédiat de la pointe, le courant aérien persiste, mais autour de l'étincelle il n'y en a plus trace : il est complètement absorbé par l'étincelle. Cette transformation du courant gazeux positif en étincelle se fait d'une façon continue.

» En employant un tourniquet électrique comme pôle positif, on constate que la vitesse de rotation du tourniquet diminue graduellement au fur et à mesure du rapprochement des pôles, et qu'au moment où les aigrettes se transforment en étincelle la vitesse de rotation n'accuse aucun changement brusque tant soit peu appréciable. Il en résulte que l'étincelle continue à agir sur le tourniquet de la même façon et dans le même sens que le faisait le courant gazeux; elle n'est donc autre chose que ce courant gazeux positif condensé. Ce fait explique le transport de matière du pôle positif au pôle négatif, le long de l'étincelle.

» Quant au courant gazeux négatif, il persiste, mais ne prend pas part à la formation de l'étincelle.

» Étant donné que la décharge dans la flamme permet de réaliser une étincelle épaisse, longue de plusieurs centimètres et de position fixe, il devient facile, en combinant de diverses façons la disposition expérimentale, de constater l'existence du courant gazeux négatif et d'en déterminer la direction et la forme.

» Je fais éclater l'étincelle entre deux pointes placées sur une même ligne horizontale, la distance explosive étant de $3^{cm}$. Entre ces deux pointes, au milieu de la distance explosive, est intercalée une petite flamme dont la hauteur est réglée de façon que son sommet se trouve à peu près au niveau des pointes. Une des pointes est en communication métallique avec le bec. Au moment du passage de l'étincelle, le sommet de la flamme s'infléchit brusquement vers la pointe positive, à angle droit avec le reste de la flamme demeurant vertical. Lorsqu'on diminue graduellement la hauteur de la

flamme, la partie infléchie diminue d'étendue; enfin, toute la flamme reste en dehors de l'action du courant d'air.

» En expérimentant de la sorte, j'ai pu constater que le courant d'air provenant du pôle négatif se dirige en ligne droite vers le pôle positif, c'est-à-dire dans le sens contraire à l'étincelle; il forme une gaine mobile, parallèle à l'étincelle et dont l'épaisseur, dans l'expérience décrite, était de $6^{mm}$ à $7^{mm}$, l'épaisseur de l'étincelle elle-même ne dépassant pas $4^{mm}$.

» Cette gaine mobile n'est pas localisée à un seul côté de l'étincelle : elle l'entoure en forme de cylindre, comme permettent de le constater les expériences suivantes :

» L'étincelle jaillit entre une pointe et un bec formé d'un faisceau de tubes en cuivre, tous de même longueur et de même diamètre ($0^{mm},5$). Cette disposition présente cet avantage que la flamme est large et que l'étincelle sort de son intérieur, quand le bec est pôle positif. Dans ce cas, le courant aérien, arrivant du pôle négatif dans le sens contraire au courant gazeux, vient abattre la flamme. Aussi voit-on la flamme, au lieu de se diriger vers le haut, descendre suivant les parois du bec, comme le ferait un liquide sous faible pression, et former sur le bec une sorte de couvercle de feu. De son milieu émerge l'étincelle entraînant avec elle une faible partie de la flamme. La combustion devient incomplète; une forte quantité de charbon se dépose sur la partie supérieure du bec. Lorsque la flamme est négative, l'étincelle se termine toujours sur le bord du bec. Comme le courant d'air négatif est dirigé dans le même sens que la flamme, cette dernière ne subit aucune modification.

» Les changements du dispositif expérimental ne modifient que l'aspect extérieur et non la nature même du phénomène que nous venons de décrire et qu'on peut résumer ainsi qu'il suit :

» Le courant d'air positif engendre l'étincelle qui, nécessairement aboutit au pôle négatif et transporte la matière du pôle positif au pôle négatif;

» Le courant d'air négatif sert d'enveloppe extérieure à l'étincelle; il atteint le pôle positif si l'étincelle est rectiligne; il n'atteint pas ce pôle si l'étincelle est curviligne. »

PHYSIQUE. — *Sur les effets électrostatiques d'une variation magnétique.* Note de M. V. Crémieu, présentée par M. Lippmann.

« Dans les précédents *Comptes rendus,* M. Carvallo a montré que, dans l'interprétation nouvelle qu'il a donnée de la théorie de Maxwell, le résultat

négatif d'une expérience que j'ai publiée antérieurement ([1]) ne serait pas en désaccord avec cette théorie.

» Dans cette expérience, il s'agissait de faire tourner un anneau métallique coupé en deux et chargé électrostatiquement, à l'aide du champ électrique créé, en chaque point de l'espace, par les variations d'un solénoïde électromagnétique dont la section est concentrique de l'anneau.

» M. Carvallo dit : Au voisinage immédiat de la surface de séparation de l'anneau métallique et du diélectrique, la composante tangentielle de la force électrique induite par les variations magnétiques est négligeable, par suite de la présence même de l'anneau conducteur. Tout se passe dans les coupures, et celles-ci sont disposées de telle façon qu'il ne peut y avoir aucun effet sur la charge électrostatique préalablement donnée à l'anneau; par suite, aucun mouvement de cet anneau. Et M. Carvallo ajoute : « Pour avoir un couple moteur notable, il faudrait avoir de » fortes charges préalables aux coupures que présente le demi-anneau. Le moyen de » les obtenir est de remplacer le couple de demi-anneaux par un seul demi-anneau, » ou par un secteur, et l'on n'a aucun intérêt à augmenter l'angle d'ouverture de ce » secteur. »

» Ceci m'amène à publier, avec plus de détails, des expériences que j'ai seulement signalées en quelques lignes dans ma Thèse (p. 30), et qui ont été faites avant celle que M. Carvallo mentionne aujourd'hui :

» Une tige cylindrique AA, faisant partie d'un circuit magnétique fermé ASSA, excité par les bobines II, a été percée axialement d'un trou cylindrique dans lequel passe un tube métallique léger TT, supporté par un fil métallique fin F et maintenu par un fil de cocon F'.

» Des ouvertures convenables percées dans AA permettent de fixer en O, au milieu de TT, six petites tiges horizontales OO'. Au bout de ces tiges on a fixé, pour une série d'expériences, six sphères métalliques de $15^{mm}$ de diamètre, et pour d'autres séries six secteurs métalliques plans de $20^{mm}$ de largeur et correspondant à un angle d'environ 20 degrés.

» Les sphères, chargées à l'aide du fil F, auraient dû recevoir une impulsion soit à la fermeture, soit à la rupture du courant dans les bobines II. Une méthode de répétition permettait de transformer ces impulsions en déviations permanentes. J'ai même employé du courant alternatif dont une déviation excitait les bobines, et une autre circulait dans le primaire d'une bobine de Ruhmkorff dont le secondaire servait à charger les sphères BB.

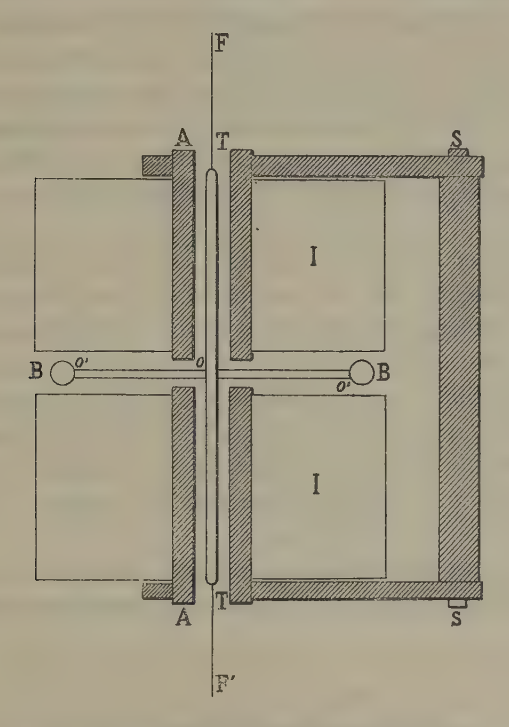
» Dans toutes ces séries, qui ont demandé, du reste, plusieurs mois

---

([1]) *Comptes rendus*, t. CXXXI, p. 578, et Crémieu, *Thèse*, première Partie. Gauthier-Villars, mai 1901.

d'expérimentation, j'ai eu constamment des résultats négatifs, alors que les effets calculés étaient très appréciables.

» C'est en croyant augmenter encore la grandeur de ces effets, et pour éviter des perturbations électrostatiques qui rendaient les expériences




assez difficiles, que j'ai construit le dispositif que critique M. Carvallo; c'est parce que je le considérais comme le meilleur que je l'ai seul décrit avec détail, me bornant à signaler les autres.

» Je me crois donc en droit de maintenir mes conclusions antérieures, relatives à la non-existence des forces électriques créées dans les diélectriques par des variations magnétiques. »

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur une perturbation magnétique, observée à Athènes le* 8 *mai* 1902. Note de M. **D. Eginitis**, présentée par M. Lœwy.

« Une perturbation magnétique, très sensible, affectant principalement la composante horizontale, un peu moins la déclinaison et excessivement

peu la composante verticale, fut observée, le 8 mai, sur les courbes des enregistreurs magnétiques (système Mascart) installés depuis 1899 à l'Observatoire d'Athènes; elle a commencé à $1^h 35^m$ et continué jusqu'à environ $9^h 30^m$ (temps moyen astronomique d'Athènes). C'est la même perturbation que celle qui s'est manifestée à Paris, suivant la Communication de M. Th. Moureaux à l'Académie (12 mars 1902), de midi $6^m$ jusqu'à $8^h$ du soir (t. m. de Paris), soit en même temps qu'à Athènes.

» La catastrophe de la Martinique aurait eu lieu le même jour vers $8^h$ du matin (t. local), soit vers $1^h 40^m$ (t. m. d'Athènes); l'éruption de la Montagne Pelée coïnciderait donc avec les troubles indiqués par nos appareils magnétiques.

» Mais si cette perturbation a, en effet, quelque rapport avec l'éruption volcanique en question, elle ne peut provenir que d'une cause purement magnétique ou électrique, et non pas d'une transmission mécanique des secousses sismiques, qui doivent avoir accompagné ce grand phénomène géologique. En effet, notre sismographe (système Agamemnone) n'a montré, pendant le même temps, absolument aucune agitation, tandis qu'il nous a donné jusqu'ici des traces très nettes d'un grand nombre de tremblements de terre très faibles, alors que les courbes magnétiques ne montraient pas la moindre agitation.

» Il en résulte donc, vu aussi la *simultanéité* du phénomène à Paris et à Athènes, que cette perturbation doit être de nature magnétique ou électrique. »

THERMOCHIMIE. — *Polymérisation et chaleur de formation de l'oxyde de zinc.* Note de M. de Forcrand.

« La chaleur de formation de l'oxyde de zinc [1] a été mesurée directement par Dulong et par Andrews, qui ont obtenu

$$+84^{Cal},37 \quad \text{et} \quad +86^{Cal},93.$$

» Favre et Silbermann ont opéré indirectement, en dissolvant séparé-

(1) Les différents auteurs qui se sont occupés de cette question ont adopté pour le poids atomique du zinc des nombres variables, de 64 à 66. L'écart étant de 3 pour 100, les comparaisons sont difficiles ou incertaines. Aussi j'ai dû corriger les nombres publiés par eux en les rapportant uniformément à 65, qui paraît bien être le poids atomique du zinc.

ment le métal et l'oxyde (préparé par combustion) dans un acide dilué. Ils ont trouvé

$$+84^{Cal},22 \text{ (acide sulfurique) et } +84^{Cal},98 \text{ (acide chlorhydrique).}$$

» Par une méthode analogue, Marignac a obtenu $+85^{Cal},27$, et il ajoute que ce nombre est le même pour l'oxyde anhydre provenant de la déshydratation de l'oxyde précipité, quelle que soit la température à laquelle il a été porté.

» Cependant M. Ditte a trouvé des résultats très différents suivant le mode de préparation de l'oxyde et la température à laquelle a été soumis l'oxyde précipité. Ainsi il a trouvé, pour la chaleur de dissolution dans $SO^4H^2$ étendu,

| | |
|---|---|
| $+19^{Cal},34$ | ZnO provenant de la calcination du nitrate au rouge sombre; |
| $+19,77$ | ZnO provenant de l'hydrate précipité desséché à 350° pendant 4 heures; |
| $+22,04$ | ZnO provenant de l'hydrate précipité au rouge sombre pendant quelques instants; |
| $+24,27$ | ZnO provenant de l'hydrate précipité au rouge blanc pendant 1 heure; |
| $+24,27$ | ZnO provenant de la calcination du nitrate au rouge blanc pendant 1 heure, |

tandis que la dissolution de Zn dans le même acide lui avait fourni $+38^{Cal},54$ (¹), ce qui donnerait respectivement, pour la chaleur de formation de ces cinq variétés d'oxyde de zinc,

$$+88^{Cal},30, \quad +87^{Cal},77, \quad +85^{Cal},50, \quad +83^{Cal},27, \quad +83^{Cal},27,$$

d'où il résulterait que, si la transformation que subit l'oxyde, lorsqu'on le chauffe à une température de plus en plus élevée, est une polymérisation, ce qui est conforme aux analogies, ce phénomène serait *endothermique*.

» Quoi qu'il en soit, on voit que les nombres publiés varient de $+83^{Cal},28$ à $+88^{Cal},20$. L'écart est de près de $5^{Cal}$. De sorte que, lorsqu'on a besoin de ces résultats, soit pour le calcul des piles dont le zinc fait partie, soit pour raisonner certaines réactions métallurgiques, on se trouve en présence d'une incertitude fort gênante.

---

(¹) Ces expériences de M. Ditte ont été effectuées avec le calorimètre à mercure. Voir *Comptes rendus*, t. LXXII et LXXIII.

» J'ai repris ces déterminations, dans le but d'élucider la constitution des hydrates du peroxyde de zinc que j'ai fait connaître récemment.

» J'ai d'abord dissous du zinc pur dans l'acide sulfurique étendu ($98^g = 4^l$), ce qui m'a donné $+ 39^{Cal},31$, nombre assez voisin de celui de M. Ditte.

» Puis j'ai dissous, dans le même acide, des échantillons d'oxyde de zinc pur et anhydre préparé par quatre méthodes différentes :

» 1° ZnO produit par la déshydratation de l'hydrate *cristallisé* $Zn(OH)^2$ obtenu lui-même par la méthode de Runge et étudié plus tard par J. Nicklès [1].

» Cet oxyde devient anhydre par dessiccation à 125° dans un courant d'air sec. Il est blanc à froid.

» Sa chaleur de dissolution dans $SO^4H^2$ étendu est

$$+ 27^{Cal},92.$$

» 2° ZnO produit par la décomposition de l'azotate.

» Il n'est pas nécessaire de chauffer l'azotate au rouge sombre. Vers 300°, au bout de 2 heures, dans un courant d'air sec, on obtient l'oxyde anhydre pur. Je l'ai cependant maintenu encore pendant 4 heures à 350° dans le courant d'air. Il est jaune verdâtre à froid et cristallin.

» Sa chaleur de dissolution dans l'acide est

$$+ 25^{Cal},23.$$

» 3° ZnO provenant de la déshydratation de l'hydrate précipité à froid au moyen de la potasse et d'une dissolution d'un sel de zinc.

» Ici j'ai rencontré des particularités inattendues, sur lesquelles je reviendrai.

» Cet hydrate, sans doute fortement polymérisé, retient environ 8 pour 100 d'eau ($ZnO + 0,39\,H^2O$) lorsqu'on le chauffe pendant plusieurs heures entre 350° et 400° dans un courant d'air sec; même au rouge il en garde encore des traces, et ne devient anhydre qu'à la température de la lampe d'émailleur, maintenue pendant plusieurs minutes. Dans cet état, sa chaleur de dissolution dans l'acide sulfurique étendu est de $+ 23^{Cal},91$. Ce nombre est très voisin de celui obtenu par M. Ditte ($+ 24^{Cal},27$) dans les mêmes conditions.

» 4° ZnO produit par la combustion du zinc dans l'oxygène. Cet oxyde se dissout dans l'acide en dégageant $+ 23^{Cal}$. Il est d'ailleurs certain qu'il a été porté à une température plus élevée que le précédent au moment de sa formation.

» Ainsi les quatre nombres obtenus vont nettement en décroissant :

$$+ 27^{Cal},92, \quad + 25^{Cal},23, \quad + 23^{Cal},91, \quad + 23^{Cal},51$$

à mesure que la température à laquelle ils ont pris naissance s'élève.

» Connaissant la chaleur de dissolution de Zn dans l'acide ($+ 39^{Cal},21$),

---

[1] *Ann. de Chim. et de Phys.*, 3e série, t. XXII, 1853, p. 31.

il est facile d'en déduire la chaleur de formation des oxydes :

$$+80^{Cal},29, \quad +82^{Cal},98, \quad +84^{Cal},30, \quad +84^{Cal},70$$

à partir de Zn solide et de O gaz.

» Les deux derniers nombres sont extrêmement voisins de ceux de Dulong et de Favre et Silbermann, lesquels se rapportent aussi à des oxydes préparés à haute température (par combustion).

» On voit en outre que la série n'est plus décroissante, mais croissante. Si donc on admet, ce qui est très vraisemblable et conforme aux analogies, que l'oxyde se polymérise lorsqu'on le chauffe, ce phénomène est *exothermique*. Il n'est d'ailleurs pas réversible, et l'oxyde chauffé au rouge vif, puis refroidi, donne le même nombre et conserve un état de polymérisation stable, même si on le refroidit lentement et si on le conserve longtemps.

» Cette polymérisation dégage $+84^{Cal},70 - 80^{Cal},29$, soit $+4^{Cal},41$. »

CHIMIE. — *Combinaisons de l'hydrogène sulfuré avec le chlorure d'aluminium anhydre.* Note de M. E. **Baud**.

« Wöhler [1] a déjà montré que le chlorure d'aluminium anhydre, sublimé dans un courant d'hydrogène sulfuré, retenait une certaine quantité de ce gaz. Mais le produit obtenu n'avait pas été analysé. J'ai repris cette étude, dans le but de savoir si les combinaisons sulfhydriques du chlorure d'aluminium seraient comparables aux hydrates et aux composés ammoniacaux.

» J'ai d'abord répété l'expérience de Wöhler, en chauffant du chlorure d'aluminium pur et anhydre dans une cornue suivie d'un ballon tubulé. Cet appareil était traversé par un courant assez rapide de gaz sulfhydrique, parfaitement desséché.

» Dans ces conditions, il se sublime dans le col de la cornue de petites lamelles nacrées contenant de 0,1 à 0,3 $H^2S$ pour $Al^2Cl^6$, tandis qu'il se condense dans le ballon tubulé une masse fondue, plus riche en hydrogène sulfuré et de composition variable. La combinaison paraît donc avoir lieu entre le gaz sulfhydrique et la vapeur de chlorure d'aluminium ; elle se dépose dans les parties froides, tandis que dans les parties chaudes elle se dissocie ; mais ce procédé ne donne pas de composés définis.

» D'après Wöhler, le chlorure d'aluminium n'absorberait pas le gaz, à la température ordinaire. En réalité, l'absorption a lieu, mais elle est très lente. Au bout de 6 heures, il se fixe seulement environ $\frac{1}{3}$ $H^2S$ pour $Al^2Cl^6$.

» Si l'on refroidit le chlorure, la quantité fixée n'augmente pas sensiblement. Il faut aller jusqu'à la température de liquéfaction du gaz pour obtenir des résultats constants.

[1] *Ann. de Chim. et de Phys.*, 2e série, t. XXXVII, 1828, p. 69.

» *Action de* $H^2S$ *liquide*. — L'hydrogène sulfuré parfaitement desséché est dirigé dans un tube contenant le chlorure d'aluminium. Ce tube plonge dans un mélange de neige carbonique et d'acétone contenu dans une éprouvette à double enveloppe vide et donnant une température de — 70°. Le gaz se liquéfie.

» Lorsque le chlorure est bien baigné par le liquide, on laisse la température s'élever lentement. Le liquide n'entre en ébullition que vers —54°, tandis que le point d'ébullition véritable est —61°,6 [1].

» Cette élévation du point d'ébullition peut être attribuée à la dissolution d'une certaine quantité du chlorure dans le liquide, ou à la formation d'une combinaison. On constate, en effet, très nettement que le liquide abandonne par ébullition, sur les parois du tube, un composé cristallin blanc, présentant l'aspect de feuilles de fougères.

» Lorsque le liquide a entièrement disparu, le thermomètre marquant alors —45°, on obture l'orifice d'arrivée du gaz et l'on met en communication le tube de sortie avec une éprouvette graduée, renversée sur la cuve à mercure. On laisse réchauffer l'appareil et, lorsqu'on a atteint la température ambiante, on constate qu'il s'est dégagé un volume de gaz correspondant à $H^2S$ pour $Al^2Cl^6$ employé, et que la décomposition est terminée.

» J'ai répété plusieurs fois cette expérience et j'ai trouvé constamment de 0,9 à 1 $H^2S$, ce qui montre qu'il existe une combinaison qui se décompose vers — 45° en abandonnant $1^{mol}$ de $H^2S$.

» En outre, si, après ce premier départ de $1^{mol}$, on pèse le tube, on constate que l'augmentation de poids correspond exactement à une seconde molécule de $H^2S$, qui reste fixée sur le chlorure d'aluminium à la température ordinaire.

» Comme contrôle, on dose l'hydrogène sulfuré par la liqueur titrée d'iode dans ce nouveau composé.

» Dans l'action de l'hydrogène sulfuré liquide, il se forme donc : 1° un composé $Al^2Cl^6, H^2S$ stable à la température ordinaire; 2° un composé $Al^2Cl^6, 2H^2S$ dissociable vers — 45°.

» Enfin, il est possible que la dissolution de $Al^2Cl^6$ dans $H^2S$ liquide contienne une combinaison plus riche en hydrogène sulfuré.

» $Al^2Cl^6, H^2S$, qui est stable à la température ordinaire, ne se forme donc que dans certaines conditions d'état physique des corps réagissants.

» Il faut que le chlorure soit gazeux, comme dans l'expérience de Wöhler; ou bien, si l'on part du chlorure sublimé tel qu'on l'obtient ordinairement, il faut que l'hydrogène sulfuré soit liquide. Enfin, le chlorure d'aluminium qui a subi l'action de l'acide chlorhydrique liquide, sans cependant former de combinaison avec ce corps, fixe directement un $H^2S$ à la température ordinaire.

» *Étude thermique de* $Al^2Cl^6, H^2S$. — Si l'on verse ce produit dans l'eau

---

[1] De Forcrand et Fonzes-Diacon, *Ann. de Chim. et de Phys.*, 7e série, t. XXVI, p. 265.

du calorimètre, il se dégage d'épaisses fumées d'acide chlorhydrique et l'on perd une grande partie de $H^2S$. Il en est à peu près de même si l'on place le corps dans une ampoule que l'on brise sous l'eau. J'ai dû opérer de la façon suivante :

» La matière a été introduite dans une ampoule en verre mince portant une petite soufflure, pour en faciliter la rupture, et fermée à la lampe. Cette ampoule a été placée dans un ballon en verre contenant $100^{cm^3}$ d'eau et également scellé à la lampe. Le système a été mis dans l'eau du calorimètre et, au moyen de quelques secousses, l'ampoule intérieure a été brisée.

J'ai ainsi trouvé, pour chaleur de dissolution........ $+150^{Cal},56$

ce qui donne, pour chaleur de formation,

$H^2S$ gaz $+ Al^2Cl^6$ solide $= Al^2Cl^6, H^2S$ solide........ $+ \quad 9^{Cal},45$

» Ce corps a une tension de dissociation égale à $760^{mm}$ vers $+60°$, soit 333° absolus. Si l'on applique la loi de Trouton, modifiée par M. de Forcrand, on trouve $\frac{Q}{333} = 30$, d'où $Q = 9^{Cal},99$, nombre qui concorde bien avec le résultat expérimental. »

CHIMIE. — *Sur les alliages de cadmium et de magnésium.* Note de M. O. **Boudouard**, présentée par M. Troost.

« Dans de précédentes Notes (¹), j'ai étudié les alliages d'aluminium et de magnésium au point de vue de leur fusibilité et décrit les combinaisons définies formées par ces deux métaux. J'ai poursuivi ces recherches relatives aux alliages du magnésium par l'étude de ceux qu'il forme avec le cadmium : ce sont les résultats de cette étude que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie (²).

» *Fusibilité.* — Étant donné le point de fusion peu élevé du cadmium, j'ai pu employer, pour étudier la fusibilité des alliages de magnésium et de cadmium, un procédé semblable à celui que j'ai décrit à propos des alliages d'aluminium et de magnésium. Voici les résultats obtenus :

---

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXXII, p. 1325; t. CXXXIII, p. 1003.

(²) Parkinson, en fondant dans un courant d'hydrogène du cadmium avec 10 pour 100 de magnésium, a obtenu un métal blanc d'argent, brillant, aussi cassant et aussi dur que le magnésium. Ce métal, grossièrement cristallisé, se ternit rapidement; au bout de 3 mois, quoique conservé dans un tube fermé, il se brise en petits morceaux (*Chemical Society*, 2ᵉ série, t. V, p. 117).

| Cd pour 100 en poids. | Mg pour 100 en poids. | Températures. |
|---|---|---|
| 100 | » | 320° |
| 90 | 10 | 410 |
| 85 | 15 | 500 |
| 80 | 20 | 440 |
| 75 | 25 | 400 |
| 70 | 30 | 480 |
| 60 | 40 | 525 |
| 55 | 45 | 565 |
| 50 | 50 | 560 |
| 40 | 60 | 575 |
| 30 | 70 | 590 |
| 20 | 80 | 635 |
| 10 | 90 | 650 |
| » | 100 | 635 |

» Si l'on construit la courbe, en portant en abscisses les proportions en poids de magnésium et en ordonnées les températures, on remarque que cette courbe présente trois maxima (500°, 565° et 650°) et deux minima (400° et 560°). Le dernier maximum montre que la combinaison correspondante est moins fusible que chacun des deux constituants. Des faits semblables ont déjà été signalés par MM. Roberts-Austen (or-aluminium), H. Gautier (antimoine-aluminium) et Lebeau (antimoine-lithium).

» Les trois points maxima mettent en évidence l'existence de trois combinaisons définies : $CdMg$, $CdMg^4$ et $CdMg^{30}$.

» *Métallographie microscopique.* — La préparation des surfaces polies des divers alliages examinés présente des difficultés dues à leur faible dureté : il est difficile, pour ne pas dire impossible, d'arriver à un polissage parfait. Quelquefois, au défaut de dureté s'ajoute la facilité avec laquelle les alliages sont attaqués par l'eau.

» Les procédés d'attaque ont extrêmement varié. D'une manière générale, les acides minéraux, même très étendus (jusqu'à 1 pour 1000), agissent très énergiquement pendant des temps très courts, et à l'attaque proprement dite s'ajoute une oxydation superficielle qui rend difficile la reproduction photographique. Cependant, en polissant partiellement les surfaces polies ainsi attaquées, on obtient des résultats satisfaisants. Le chlorhydrate d'ammoniaque m'avait donné de bonnes préparations avec les alliages de magnésium et d'aluminium : il n'en a pas été de même avec ceux de cadmium et de magnésium. L'attaque par le courant électrique a été employée avec succès.

» En faisant varier les proportions de magnésium de 0 à 100, j'ai préparé une série de neuf échantillons qui ont été examinés au microscope Le Chatelier.

» L'acide nitrique à 5 pour 100 décèle l'existence, dans l'échantillon 90 Cd — 10 Mg, de magnifiques dendrites ayant quelques millimètres de longueur; ils sont visibles, même à l'œil (combinaison CdMg); pour obtenir une photographie, il convient de polir partiellement l'échantillon ainsi attaqué. Par simple polissage en bas-relief sur un drap humide, le culot 50 Cd — 50 Mg laisse apparaître une cristallisation très nette (combinaison $CdMg^4$). Enfin si, après avoir poli l'échantillon 10 Cd — 90 Mg, on le lave à l'eau, on obtient des contours polygonaux très irréguliers, qui deviennent plus nets par une attaque dans le chlorure de sodium à 10 pour 100 sous l'action du courant électrique (combinaison $CdMg^{30}$).

» *Combinaisons définies*. — Il m'a été difficile d'isoler les combinaisons définies de cadmium et de magnésium. Les acides minéraux employés à des concentrations varient de 20 pour 100 à 1 pour 1000; l'acide acétique à 10 pour 100, le chlorhydrate d'ammoniaque à 10 pour 100 ne m'ont donné aucun résultat satisfaisant pour les combinaisons CdMg et $CdMg^4$.

» 1° CdMg. — La composition centésimale théorique de cet alliage correspond à 82,1 de cadmium et 17,9 de magnésium.

» Si l'on attaque le culot métallique 25 Mg — 75 Cd par le chlorhydrate d'ammoniaque à 1 pour 100, à froid, en même temps qu'il se produit un dégagement gazeux, il se sépare une poudre cristalline, d'un gris métallique, que l'on recueille et qui donne à l'analyse :

| | | |
|---|---|---|
| Cd................. | 81,2 | 83,3 |
| Mg................. | 18,7 | 17,0 |

» 2° $CdMg^4$. — La composition centésimale théorique de cet alliage correspond à 53,5 de cadmium et 46,5 de magnésium.

» Le meilleur procédé permettant d'isoler la combinaison $CdMg^4$ consiste à traiter le culot métallique 50 Cd — 50 Mg par le chlorhydrate d'ammoniaque à 1 pour 100. L'attaque peut se faire à froid ou à chaud : on obtient une poudre cristalline. L'analyse donne les résultats suivants :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Cd........... | 54,8 | 51,0 | 53,5 | 52,65 |
| Mg........... | 45,3 | 48,8 | 46,4 | 47,25 |

» 3° $CdMg^{30}$. — La composition centésimale théorique de cet alliage correspond à 13,2 de cadmium et 86,8 de magnésium.

» Tous les essais tentés pour isoler la combinaison définie $CdMg^{30}$ sont restés infructueux; les résultats donnés par l'analyse ont varié suivant le mode d'attaque :

| | | Cd. | Mg. |
|---|---|---|---|
| 1° Attaque du culot 90 Mg — 10 Cd par AmCl | 1 pour 100. | 37,8 | 62,1 |
| 2° » | 1 pour 100. | 26,4 | 73,4 |
| 3° » | 10 pour 100. | 98,0 | 2,0 |
| 4° Attaque du culot 70 Mg — 30 Cd par HCl | 5 pour 100. | 64,7 | 35,3 |
| 5° » | 5 pour 100. | 59,6 | 40,3 |

» L'apparition du point maximum de la courbe de fusibilité peut s'expliquer en admettant l'existence de solutions solides, soit entre le cadmium et le magnésium, soit entre la combinaison définie $CdMg^4$ et le magnésium. Les analyses 1 et 2 vérifient cette dernière hypothèse : elles correspondent à la combinaison $CdMg^4$ dans un excès de magnésium; quant aux analyses 3, 4, 5, elles indiquent que, par suite de l'énergie trop grande des réactifs employés, une grande quantité de magnésium a passé en dissolution. Enfin, l'étude micrographique du culot 90 Mg — 10 Cd avait mis en évidence une série de grains polygonaux irréguliers qui seraient alors constitués, non pas par un individu chimique, mais par une solution solide. Des faits semblables ont été observés avec les alliages cuivre-antimoine.

» *Propriétés générales des alliages de cadmium et de magnésium.* — Ces alliages sont d'une couleur blanche, plus ou moins brillante; ils se liment et sont assez mous : lorsqu'on essaie de préparer des surfaces par l'examen microscopique, il est difficile d'obtenir une surface parfaitement polie. Au point de vue de la malléabilité, les alliages de cadmium et de magnésium se cassent lorsqu'ils sont soumis à l'action d'un martelage répété; les alliages contenant parties égales de cadmium et de magnésium sont ceux qui se comportent le mieux. Cette propriété est inverse de celle que nous avons signalée à propos des alliages d'aluminium et que nous avons remarquée avec ceux du cuivre que j'étudie également; dans ces derniers surtout, la fragilité des métaux obtenus est très grande. Les alliages de cadmium et de magnésium, conservés dans des flacons fermés, ne s'altèrent pas sensiblement à l'air. Il n'en est pas de même en présence de l'eau : les culots 90 Cd — 10 Mg, 50 Cd — 50 Mg, 10 Cd — 90 Mg s'attaquent pendant le polissage sur drap humide imprégné d'oxyde de fer. »

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'existence de l'arsenic dans l'organisme.* Note de M. GABRIEL BERTRAND, présentée par M. ROUX.

« Jusqu'aux recherches publiées en 1899 et 1900 par M. Armand Gautier [1] on admettait, d'une manière absolue, l'absence de l'arsenic dans le corps de l'homme. Les quelques cas où des traces de cet élément avaient été signalées s'expliquaient, sinon par l'impureté des réactifs employés dans les recherches, du moins par quelque circonstance accidentelle,

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXIX, 1899, p. 929; t. CXXX, 1900, p. 284, et t. CXXXI, 1900, p. 361.

comme l'ingestion de médicaments, d'aliments ou de poussières contenant de l'arsenic.

» En démontrant que les glandes thyroïdes et quelques autres parties de l'homme et des animaux renferment de petites quantités d'arsenic, M. Armand Gautier a transformé et défini l'aspect de cette importante question de médecine légale. Bien mieux, il a fait entrer l'étude de l'arsenic dans le domaine de la physiologie.

» Mais, pour que cette démonstration, avec toutes ses conséquences, conserve sa valeur, il faut que le fait principal sur lequel elle repose, c'est-à-dire l'existence normale de l'arsenic dans l'organisme, reste établi d'une façon indiscutable. Or, plusieurs Mémoires, dus à Hödlmoser (1), Ziemke (2), Cerny (3), viennent de mettre les assertions de M. Armand Gautier formellement en doute.

» Vivement intéressé par le rôle possible de l'arsenic dans l'organisme vivant, rôle comparable, sous certains rapports, à celui du zinc, de l'iode, du manganèse et de quelques autres éléments qui n'existent, eux aussi, qu'en très petites proportions, j'ai été conduit à répéter, pour ma part, les expériences de M. Arm. Gautier. Les résultats auxquels je suis parvenu me paraissent si démonstratifs que je crois utile de les communiquer.

» J'ai repris d'abord l'étude de la méthode bien connue de Marsh, méthode que j'ai perfectionnée dans ses détails au point qu'il m'est possible d'obtenir des anneaux visibles avec des poids d'arsenic aussi minimes qu'un millième et même un demi-millième de milligramme (4).

» J'ai pu constater alors que l'acide azotique le plus pur du commerce renferme toujours des quantités appréciables d'arsenic; mais j'ai pu le purifier jusqu'à ne plus contenir $\frac{1}{300\,000\,000}$ de son poids de métalloïde.

» C'est en possession de cette méthode et de ces réactifs que j'ai entrepris l'étude de l'arsenic normal. A la question : *Y a-t-il, oui ou non, de l'arsenic dans l'organisme?* je vais pouvoir répondre, comme on va le voir, d'une manière positive et, je l'espère, à l'abri des critiques.

» J'ai évité de me servir dans mes expériences de glandes thyroïdes et de tissus humains, parce qu'il est presque impossible d'affirmer que les individus servant à ces expériences n'ont jamais été soumis à quelque contamination arsenicale. J'ai évité aussi les recherches sur le cheval,

---

(1) *Zeitschr. f. physiol. Chemie*, t. XXXIII, 1901, p. 329.

(2) *Apotheke Zeitung*, t. XVII, 1902.

(3) *Zeitschr. f. physiol. Chemie*, t. XXXIV, 1902, p. 408.

(4) Pour les détails, voir le Mémoire d'où cette Note est extraite (*Annales de l'Institut Pasteur* ou *Bulletin de la Société chimique de Paris*, 1902).

parce que celui-ci est quelquefois traité par l'acide arsénieux et qu'on ne peut être sûr, par suite, de l'origine naturelle de l'arsenic retrouvé dans ses organes.

» J'ai recherché d'abord l'arsenic dans des glandes thyroïdes de veau et de porc, puis dans les soies de ce dernier animal, les plumes de l'oie, la corne du bœuf, les poils et les ongles du chien, etc. Je n'ai pas tardé à remarquer que les tissus kératiniques sont remarquablement riches en arsenic, beaucoup plus même que les glandes thyroïdes.

» 39g de poils noirs, par exemple, provenant de trois chiens, fournirent un bel anneau de près d'un dixième de milligramme d'arsenic (1).

» 50g de cornes de bœuf, pulvérisées au laboratoire, donnèrent même l'énorme proportion de deux dixièmes et demi de milligramme d'arsenic, c'est-à-dire de cinq milligrammes par kilogramme (2).

» Mais comme tous ces objets d'étude, malgré les précautions dont je m'entourais, ne présentaient pas encore pour moi toute la sécurité désirable, je m'adressai à M. Nocard. Le distingué professeur de l'École d'Alfort a bien voulu m'envoyer des pièces provenant d'un veau, âgé de 1 mois, né à l'École vétérinaire, et d'une génisse de 18 mois, d'origine connue, achetée très jeune, et élevée également dans ses écuries d'études.

» Les résultats obtenus avec les poils et les ongles de ces deux animaux, mais surtout avec les cornes de la génisse, furent tout à fait positifs. 20g de substance, dont la destruction exigeait seulement une soixantaine de grammes du mélange d'acides, suffirent, dans tous les cas, pour obtenir des anneaux très nets d'arsenic.

» Celui qui provenait des cornes représentait environ deux centièmes de milligramme, soit cent fois davantage que n'en contenaient les réactifs employés.

» La peau et même le foie fournirent aussi des traces de métalloïdes (quelques millièmes de milligramme). D'une manière générale, les tissus de la génisse étaient plus riches que les tissus correspondants du veau. Il semble qu'il y ait accumulation d'arsenic avec l'âge, car les cornes du bœuf étaient à leur tour, comme on peut s'en rendre compte par les chiffres donnés plus haut, beaucoup plus riches que celles de la génisse. Il semble aussi, en comparant la série des expériences, que les poils noirs soient plus riches que les blancs. Il serait curieux d'examiner si les tissus kératiniques représentent une réserve d'arsenic et si les cellules pigmentophages, découvertes par M. Metchnikoff (3), jouent un rôle dans les migrations de cet élément à travers l'organisme.

» Je puis ajouter encore une preuve convaincante de l'existence normale de l'arsenic dans l'organisme. Grâce à l'obligeance de S. A. S. le Prince de Monaco, j'ai pu examiner des glandes thyroïdes provenant de

(1) Employé pour la destruction : 100g du mélange d'acides.

(2) Employé pour la destruction : 165g du mélange d'acides.

(3) *Annales de l'Institut Pasteur*, 1901.

phoques (*Phoca barbata*) capturés au voisinage du Spitzberg, dans des conditions, par conséquent, où l'on ne peut même pas invoquer la contamination industrielle de l'atmosphère respirée par les animaux. $50^g$ de ces glandes, attaqués par $70^g$ d'acide nitrique et $15^g$ d'acide sulfurique, ont donné un anneau très net, d'au moins $\frac{1}{100}$ de milligramme.

» Je n'insisterai pas trop, en terminant, sur les variations de la teneur en arsenic que paraissent éprouver les glandes thyroïdes quand on compare les résultats de M. Arm. Gautier avec ceux obtenus par Hödlmoser, Ziemke, Cerny et moi-même. J'estime, en effet, que les dosages de quantités aussi minimes d'arsenic sont si délicates que les comparaisons ne peuvent être faites utilement que par un même expérimentateur, bien en possession de la méthode. La seule conclusion qu'on puisse alors retenir à ce sujet est uniquement d'ordre qualitatif. Or les contradicteurs mêmes de M. Arm. Gautier ont signalé dans la plupart de leurs expériences l'apparition de traces arsénicales. La crainte, bien légitime, d'avoir introduit ces traces au cours des opérations, a pu seule empêcher ces savants de conclure avec certitude en faveur de l'existence de l'arsenic dans l'organisme.

» Après mes expériences, cette crainte ne peut plus, je crois, persister. La richesse des tissus kératiniques en arsenic est tellement au-dessus, dans certains cas, des erreurs expérimentales, qu'il ne reste plus qu'à envisager l'importance et le rôle physiologique de cet intéressant métalloïde. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'isomérie dans les benzylidène-menthones et sur la préparation d'un acide α-méthyl-α'-isopropyladipique identique à l'acide dihydrocamphorique.* Note de M. C. **Martine**, présentée par M. A. Haller.

« Des produits huileux qui se forment dans les différentes méthodes de préparation de la benzylidène-menthone que j'ai décrites précédemment [1], j'ai pu séparer deux composés nettement définis par leur forme cristalline et leur point de fusion, et répondant à la composition de la benzylidène-menthone.

» A. L'un d'eux, qui se sépare très facilement, en quantité abondante, cristallise en tables fusibles à 51°, est soluble dans l'éther, l'alcool, l'éther de pétrole, etc. En solution à 6 pour 100 dans l'alcool éthylique, son pouvoir rotatoire est de $[\alpha]_D = -185°50'$; son oxime se présente sous la forme de fines aiguilles soyeuses fusibles à 172°.

(1) *Comptes rendus*, t. CXXXIII, p. 41.

» B. L'autre, dont je n'ai pu jusqu'ici obtenir que de petites quantités, cristallise en longues aiguilles fusibles à 47°. Il est plus soluble que le précédent dans les mêmes dissolvants. Son pouvoir rotatoire dans les mêmes conditions est de $[\alpha]_D = -258°,5$; son oxime a le même aspect que celle du corps fondant à 51°; elle fond à 153°.

» L'action de ces composés sur la lumière polarisée paraît confirmer l'hypothèse de M. A. Haller sur l'exaltation du pouvoir rotatoire par l'introduction d'une double liaison dans le noyau de la molécule menthone.

» Le point de fusion du mélange des deux corps fondant à 51° et 47° est de 28°; celui du mélange des deux oximes est de 145°-147°.

» Ces différents caractères permettent de conclure qu'on a affaire à deux benzylidène-menthones isomères. Pour les mêmes raisons, il y a lieu de penser que cette isomérie est d'ordre stéréochimique.

» Dans le but d'élucider cette question j'ai entrepris l'étude des produits d'oxydation de ces composés.

» *Acide α-méthyl-α'-isopropyladipique.* — La benzylidène-menthone fondant à 51°, oxydée par le permanganate de potassium en solution étendue, donne, comme produit principal, à côté de l'acide benzoïque, un acide bibasique répondant à la formule $C^{10}H^{18}O^4$ qui s'est formé d'après l'équation

$$C^{10}H^{16}O = CH - C^6H^5 + 4O + H^2O = C^6H^5 - CO^2H + C^{10}H^{18}O^4.$$

» Cet acide fond à 105°; il est inactif sur la lumière polarisée.

» Par l'ébullition avec l'anhydride acétique il donne l'anhydride $C^{10}H^{16}O^3$ incristallisable. Celui-ci, chauffé pendant quelque temps à l'ébullition, à la pression ordinaire, perd $CO^2$ et se transforme en une cétone $C^9H^{16}O$ à odeur de menthone, bouillant à 180°-181°, et dont la semicarbazone $C^9H^{16} = Az - CO - AzH - AzH^2$ fond à 205°.

» Étant donnée l'opinion généralement admise sur la constitution de la menthone, opinion qui vient d'être corroborée par la récente synthèse de M. Leser [1], l'acide $C^{10}H^{18}O^4$ doit être un acide α-méthyl-α'-isopropyladipique, car il n'a pu prendre naissance que de la façon suivante :

```
          CH³                                  CH³
          |                                    |
          CH                                   CH
   CH² /     \ C = CH — C⁶H⁵            CH² /    \ CO²H
      |        ---|---           →         |                 + C⁶H⁵CO²H.
   CH² \     / CO                       CH² \    / CO²H
          CH                                   CH
          |                                    |
          CH                                   CH
        /    \                               /    \
     CH³      CH³                         CH³      CH³
```

---

[1] *Comptes rendus*, t. CXXXIV, p. 1115.

» La cétone qui en dérive par l'ébullition de l'anhydride est par suite une α-méthyl-δ-isopropylcétopentaméthylène.

» Les différentes propriétés de cet acide l'identifient avec l'acide dihydrocamphorique obtenu par MM. Crossley et Perkin Jun. (¹) par la fusion de l'acide camphorique avec la potasse caustique. Il m'a du reste été permis, grâce à l'obligeance de M. Perkin, qui a lui-même reconnu l'identité, de comparer ces deux acides. Le point de fusion de leur mélange reste le même : 105°.

» Il résulte de ce rapprochement que l'acide dihydrocamphorique de MM. Crossley et Perkin n'est autre chose que de l'acide α-méthyl-α'-isopropyladipique. »

CHIMIE ORGANIQUE. — *Acides pyromucique et isopyromucique. Action du perchlorure de phosphore et du chlorure de phosphoryle.* Note de M. G. **Chavanne**, présentée par M. H. Moissan.

« I. L'action du perchlorure de phosphore sur l'acide pyromucique a fait l'objet d'un travail de Liès-Bodart (*Lieb. Ann.*, t. C, p. 327). Il a obtenu un liquide bouillant à 170°, régénérant l'acide par action de l'eau, donnant par action de l'ammoniaque une amide fondant à 141°-142°.

» J'ai répété ces expériences et suis arrivé au même résultat, soit en opérant sans dissolvant, soit en opérant en solution chloroformique ou éthérée; j'ajouterai cependant que, après purification complète, le chlorure se concrète en prismes extrêmement réfringents, fondant aux environs de 0° (à − 2°). J'ai étudié sur ce produit pur l'action de l'eau, de l'alcool, de l'ammoniaque, de l'aniline et de l'hydrate d'hydrazine. *L'acide pyromucique se comporte vis-à-vis du perchlorure de phosphore comme un acide, le carboxyle étant remplacé par* $COCl$.

» II. L'acide isopyromucique se comporte tout différemment.

» On projette, par petites portions, du perchlorure de phosphore (20g) dans une solution chloroformique d'acide isopyromucique pur (45g), bien exempt de son isomère. Cette addition provoque un échauffement sensible et un dégagement considérable d'acide chlorhydrique. On termine la réaction en chauffant au bain-marie, au réfrigérant à reflux, pendant 30 minutes. Après évaporation du chloroforme, on obtient des cristaux bruns que l'on écrase sur une plaque poreuse et que l'on fait cristalliser dans le chloroforme ou l'éther acétique anhydre bouillant. On peut remplacer dans la préparation le chloroforme par un autre véhicule organique, l'éther par

(¹) *Chem. Soc.*, t. LXXIII, p. 23.

exemple; mais, si l'on veut éviter l'emploi d'un dissolvant, la préparation ne réussit pas.

» On obtient encore le même corps en faisant agir le chlorure de phosphoryle ($1^{mol}$) sur l'isopyromucate de sodium bien sec ($3^{mol}$) en suspension dans le chloroforme.

» Le corps ainsi obtenu forme des prismes très réfringents, fondant à 138°, insolubles dans l'eau et l'éther, solubles dans le chloroforme, le benzène, l'acide acétique, l'éther acétique anhydre.

» Ce corps ne possède pas les propriétés d'un chlorure d'acide, ce qu'on a pu vérifier par l'action de l'eau, de l'alcool, de l'ammoniaque. Il ne renferme pas de chlore, mais par contre du phosphore. Les dosages des éléments (P, C, H) et les réactions de ce corps m'amènent à le considérer comme un éther phosphorique analogue au phosphate triphénylique dans lequel l'acide isopyromucique jouerait le rôle du phénol. Ce serait le phosphate d'isopyromucyle $PO(OC^5H^3O^2)^3$.

» *Action de l'eau.* — Comme il a été dit plus haut, ce corps est insoluble dans l'eau. Cependant, maintenu longtemps à son contact il s'y dissout, mais c'est à la faveur d'une décomposition analogue à celle du phosphate trisodique. Le *triéther* est saponifié en donnant le *diéther* et $1^{mol}$ d'acide isopyromucique régénéré

$$PO(OC^5H^3O^2)^3 + H^2O = PO\begin{cases} OH \\ (OC^5H^3O^2)^2 \end{cases} + C^5H^4O^3.$$

» Ce résultat a été vérifié par titration en présence des colorants et en isolant l'acide et le diéther.

» Si, au lieu d'opérer à froid, on dissout le triéther dans l'eau bouillante, la dissolution est plus rapide, mais la réaction est la même. Enfin, si l'on prolonge l'ébullition de la solution aqueuse, il semble que la saponification soit plus complète.

» Le *diéther* se rencontre encore dans l'action sur le triéther de l'alcool ou de l'éther acétique non anhydres et enfin lorsqu'on traite par l'oxychlorure de phosphore l'isopyromucate de sodium imparfaitement desséché.

» Le *diéther* ainsi obtenu constitue une poudre cristalline, soluble dans l'eau, l'alcool, les solvants organiques, mais insoluble dans l'éther. Il fond à 110°-112° et contient $1^{mol}$ d'eau de cristallisation qu'il abandonne lorsqu'on le fait cristalliser dans l'éther acétique anhydre, ou quand on le chauffe dans le vide vers 70°; mais dans ce cas il y a toujours en même temps une saponification partielle. Le diéther anhydre fond à 154°. Il reprend son eau de cristallisation quand on le fait cristalliser dans l'éther acétique ou l'acétone contenant un peu d'eau.

» Le diéther est acide au méthylorange, comme le phosphate diéthylique. Sa solution au $\frac{1}{10}$ neutralisée par la potasse donne avec l'azotate d'argent un léger précipité blanc qui subit une réduction rapide. Avec l'acétate de plomb et l'azotate de bismuth on obtient aussi des précipités blancs solubles dans l'acide azotique.

» Chauffé pendant quelques minutes avec de l'acide sulfurique titré normal, le diéther est saponifié partiellement en donnant le monoéther et de l'acide isopyromucique libre:

$$PO\begin{cases} OH \\ (OC^5H^3O^2)^2 \end{cases} + H^2O = PO\begin{cases} OH \\ OH \\ OC^5H^3O^2 \end{cases} + C^5H^4O^3.$$

Ce résultat a été vérifié par titration en présence des colorants, et en isolant l'acide isopyromucique produit.

» III. L'acide isopyromucique possède la propriété de colorer en vert le perchlorure de fer. C'est cette propriété qui a permis de le découvrir et de le distinguer de son isomère, l'acide pyromucique. On peut le rapprocher à cet égard des phénols et des corps à fonction énolique. D'autre part, les expériences qui viennent d'être indiquées établissent encore avec le phénol une analogie qui se poursuit assez loin dans le détail.

» La disparition de la réaction colorée avec le perchlorure de fer dans les dérivés phosphoriques prouve d'ailleurs que c'est le même oxhydrile qui est intéressé dans les deux cas. Si, en outre, on tient compte de l'instabilité en présence de l'eau des isopyromucates et de l'impossibilité d'éthérifier l'acide isopyromucique par les procédés habituels (*Comptes rendus*, t. CXXXIII, p. 167), on est amené à conclure que :

» *L'acide isopyromucique n'est pas, comme son isomère l'acide pyromucique, un acide proprement dit, mais il possède plutôt les propriétés d'un corps à fonction phénolique ou énolique.* »

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur un glucoside nouveau, l'aucubine, retiré des graines d'*Aucuba japonica *L.* Note de MM. **Em. Bourquelot** et **H. Hérissey.**

« Il y a quelques mois, l'un de nous (¹) a décrit un nouveau procédé général de recherche, dans les végétaux, des glucosides hydrolysables par l'émulsine. Ce procédé, qui repose sur l'emploi de celle-ci dans des conditions déterminées, ne conduit pas à la séparation des glucosides, mais il en révèle sûrement la présence lorsqu'ils existent. Appliqué depuis quelque temps et d'une façon systématique dans le laboratoire de pharmacie galénique à l'École de Pharmacie, il a permis de constater que les glucosides en question sont plus fréquents dans le règne végétal qu'on ne le croit généralement. En particulier, la présence d'un tel principe a été révélée dans le rhizome de Scrophulaire noueuse, dans l'écorce de Bouleau, dans les graines d'*Aucuba japonica* (²), etc.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXXXIII, 28 octobre 1901, p. 690.

(²) Cette dernière observation a été faite par M. Champenois, au cours de ses recherches sur la composition des albumens des graines des Ombellifères et des Cornées (*Comptes rendus*, t. CXXXIII, 25 nov. 1901, p. 885).

» Ayant eu récemment des quantités considérables de graines fraîches d'*Aucuba* à notre disposition, nous avons entrepris d'isoler le glucoside. Il y avait à cela une difficulté assez grande : à côté du glucoside, la graine contient en effet une proportion énorme de sucre de canne; et, les liqueurs d'extraction, aqueuses ou alcooliques, renfermant les deux principes dans la même proportion que la graine, leur séparation directe était en quelque sorte impossible. La difficulté a été tranchée très simplement : dans les liqueurs aqueuses dont nous venons de parler, on a ensemencé de la levure de bière; le sucre de canne a été interverti, puis transformé en alcool et acide carbonique, de telle sorte que le glucoside, inattaquable par la levure, est resté seul et a pu être ensuite facilement isolé.

» *Préparation.* — Le fruit de l'*Aucuba* est une baie formée par un péricarpe succulent, recouvrant une graine presque entièrement constituée par un albumen corné. Les graines ont été séparées du péricarpe, puis découpées à l'état frais dans l'alcool à 90° bouillant, dans la proportion d'environ $500^g$ de graines pour $2000^{cm^3}$ d'alcool. On a fait bouillir à reflux pendant environ 45 minutes, puis on a séparé les liquides alcooliques et on les a distillés en présence d'une petite quantité de carbonate de calcium. L'alcool ayant été complètement éliminé, le liquide restant a été filtré, puis étendu d'eau distillée de façon à ne pas renfermer plus de 12 à 14 pour 100 de sucre de canne.

» La solution ainsi obtenue a été distribuée par portions de $500^{cm^3}$ dans des ballons d'un litre. Après stérilisation à l'ébullition et refroidissement, on a ensemencé chacun de ces ballons par addition de 10 gr. de levure haute et l'on a laissé la fermentation se continuer à la température du laboratoire (15° à 18°) jusqu'à disparition complète ou presque complète de sucre (4 à 5 jours).

» A ce moment, on a ajouté un peu de carbonate de calcium, on a porté à l'ébullition, laissé refroidir et filtré. On a procédé ensuite à la décoloration des liquides par le noir animal; on a filtré de nouveau, évaporé en partie au bain-marie et achevé l'évaporation dans le vide partiel. Le produit ainsi obtenu, présentant l'aspect d'un extrait sec, a été traité à l'ébullition à reflux par une quantité convenable d'alcool à 95°. Après 12 heures de repos, le liquide a été filtré dans des flacons à large ouverture et le glucoside n'a pas tardé à cristalliser. Au bout de 24 à 48 heures, la cristallisation étant terminée, les cristaux ont été essorés à la trompe, lavés à l'alcool à 95° et desséchés dans le vide sulfurique. Dans nos diverses opérations, et en négligeant le produit resté dans les eaux mères, nous avons eu un rendement moyen d'environ $3^g$ de glucoside pour $100^g$ de graines fraîches.

» Dès cette première cristallisation, et si la décoloration par le noir animal a été complète, on peut obtenir un produit tout à fait blanc. On peut d'ailleurs le purifier très aisément, en le faisant recristalliser une première fois dans l'eau et une deuxième fois dans l'alcool à 80°. Voici quelques-unes des propriétés de ce glucoside que nous appelons *aucubine*.

» *Propriétés.* — L'aucubine se présente sous forme de cristaux allongés, groupés en houppes, absolument incolores. Elle fond vers 181° (corr.). Elle est très soluble

dans l'eau qui, à chaud, en dissout plus que son poids, soluble dans l'alcool, surtout à chaud. Elle possède une saveur légèrement amère.

» L'aucubine est lévogyre, comme tous les glucosides dédoublables par l'émulsine connus jusqu'ici. Son pouvoir rotatoire en solution à environ 3 pour 100 a été trouvé égal à

$$\alpha_D = -173^\circ,1 \quad (p = 0^g,741;\ v = 25^{cm^3},07;\ l = 2;\ \alpha = -10^\circ,14';\ \text{d'où } \alpha_D = -173^\circ,1).$$

» L'aucubine ne renferme pas d'azote. Elle ne réduit pas la liqueur cupropotassique. Elle est hydrolysée par l'émulsine et par l'acide sulfurique étendu chaud, même très dilué (2 pour 1000). Dans cette dernière hydrolyse, il se produit un sucre réducteur, un corps d'une odeur vive et pénétrante et un principe brun insoluble dans l'eau.

» Nous avons pu isoler le sucre et l'obtenir cristallisé; ce sucre est du dextrose, c'est-à-dire le sucre rencontré jusqu'à présent dans le dédoublement de tous les glucosides hydrolysables par l'émulsine. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *De la production de glycose par les muscles.* Note de MM. **Cadéac** et **Maignon**, présentée par M. A. Chauveau.

« Nous avons démontré, chez l'animal vivant, la présence du sucre dans les muscles écrasés ou enserrés dans une ligature; ce sucre est-il déposé dans le foyer traumatique par le sang ou est-il élaboré sur place par le muscle lui-même?

» Pour résoudre ces questions, nous avons recherché si les muscles détachés complètement de l'animal sain tué par effusion de sang, et placés dans un milieu aseptique (air humide, bain d'huile, glace stérilisée, solution de fluorure de sodium à 2 pour 100) peuvent engendrer du sucre. A cet effet, nous pesons exactement $100^g$ de muscles ayant séjourné un temps variable dans ces divers milieux; nous les découpons en menus morceaux dans $150^{cm^3}$ d'eau distillée, puis le tout est porté au bain-marie à 100° pendant une heure. Après défécation du bouillon filtré, nous opérons le dosage du sucre à l'aide de la liqueur de Fehling, formule Pasteur, additionnée de pastilles de potasse pour empêcher la précipitation de l'oxydule cuivreux.

» Voici les résultats de nos expériences :

» 1° Les muscles exposés au contact de l'air à 37° à l'étuve et dans une atmosphère humide élaborent du sucre, mais en moindre quantité que les muscles immergés dans l'huile. Exceptionnellement, ils peuvent en produire autant :

| | |
|---|---|
| Muscles sains exposés à l'air ont produit, en 3 heures........ | $5^{cg},2$ de glucose |
| Muscles sains immergés dans l'huile ont produit, en 3 heures. | $5^{cg},2$ » |

» Au bout de 6 heures, nous avons obtenu, dans les deux cas, exactement le double de glucose, c'est-à-dire $10^{cg},4$.

» 2° Les muscles immergés dans l'huile fabriquent, nous le répétons, une quantité de sucre presque toujours supérieure à celle qu'on trouve dans le muscle exposé à

l'air. Le Tableau suivant résume finalement les résultats quantitatifs obtenus comparativement avec 100g de muscles dans un temps variable :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Temps | 4h | 4h | 4h | 6h | |
| Muscle sain à l'air humide | 6cg,4 | 6cg,3 | 5cg,2 | 16cg,3 | de glucose |
| Muscle sain dans l'huile | 11cg,8 | 16cg,3 | 6cg,6 | 17cg,6 | » |

» Ces différences tiennent aux modifications survenues dans la respiration du muscle, nous y reviendrons ultérieurement. Aujourd'hui, nous nous bornons à établir que l'élaboration du sucre par le muscle immergé dans l'huile est ordinairement plus prononcée que celle du muscle exposé à l'air ; elle ne lui est jamais inférieure ; mais ces deux productions peuvent s'égaler, comme nous l'avons vu plus haut.

» 3° La température de 37° n'est pas nécessaire pour mettre en jeu cette fonction du muscle ; ce dernier continue à vivre et à fabriquer du sucre à la température extérieure et même à 0°.

» En effet, le muscle maintenu au sein de la glace produit du sucre, mais en moindre quantité qu'à la température de 37° :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Expérience I.* | Muscle sain à l'air humide pendant 4 heures élabore.... | | 6cg,3 | de glucose |
| | Muscle sain dans la glace | » » .. | 4,5 | » |
| *Expérience II.* | Muscle sain à l'air humide | » » .. | 5,2 | » |
| | Muscle sain dans la glace | » » .. | 2,1 | » |

» Ces différences sont encore plus accusées au bout de 24 heures.

» Ainsi, les muscles de l'expérience II, maintenus dans la glace, n'ont engendré que 8cg,4 de glucose, tandis que les muscles conservés le même temps dans l'huile à 37° en ont élaboré 20cg,9.

» 4° L'*écrasement* des muscles est un facteur des plus importants dans la genèse du sucre. Loin de supprimer cette activité formatrice, l'action contondante l'excite. De fait, les muscles écrasés, après ablation à l'aide des mors d'une tenaille, et placés dans les mêmes conditions que les muscles sains, fabriquent toujours une quantité beaucoup plus considérable de sucre, comme en témoigne le Tableau suivant :

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Durée de l'expérience | 4h | 4h | 4h | |
| Muscle sain dans l'air humide | 6cg,4 | 6cg,3 | 2cg,3 | de glucose. |
| Muscle sain dans l'huile | 11cg,8 | 16cg,3 | 5cg | » |
| Muscle écrasé dans l'air humide | 18cg,7 | 25 | 8cg,6 | » |

» De plus, il ressort de ces expériences que le muscle écrasé, laissé à l'air libre, élabore toujours plus de glucose que le muscle sain immergé dans l'huile.

» L'écrasement exagère donc considérablement la production du sucre par les muscles et leur communique d'emblée le maximum de cette activité.

» Les autres influences que nous avons étudiées, comme le séjour du muscle dans l'huile, n'y ajoutent rien ou presque rien. Les muscles écrasés placés dans un bain d'huile produisent généralement la même quantité de sucre que les muscles écrasés laissés à l'air libre.

» Cette influence de l'écrasement se fait également sentir sur les muscles conservés

dans la glace. Pendant que 100g de muscles sains placés dans la glace engendrent en 4 heures 3cg,2 de glucose, le même poids de muscles écrasés en élabore 5cg.

» La *compression énergique* d'un morceau de muscle placé entre deux lames métalliques serrées à l'aide de vis produit sensiblement le même effet que l'écrasement; la quantité de sucre élaboré est toujours supérieure à celle qui résulte du muscle sain immergé dans l'huile; elle est inférieure ou égale à celle qu'on obtient par l'écrasement complet.

» Afin de mieux fixer les idées sur les différences d'activité que présente le muscle placé dans les diverses conditions que nous venons d'étudier, nous rapporterons les résultats d'une expérience :

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Muscles | sains à l'air humide à 37° pendant | 4h | élaborent | 0g,052 | de glucose |
| » | sains dans l'huile | 4 | » | 0,066 | » |
| » | écrasés à l'air humide à 37° | 4 | » | 0,135 | » |
| » | écrasés dans l'huile | 4 | » | 0,135 | » |
| » | comprimés à l'étuve | 4 | » | 0,119 | » |
| » | sains dans la glace | 4 | » | 0,021 | » |
| » | écrasés dans la glace | 4 | » | 0,034 | » |
| » | sains dans la glace | 24 | » | 0,084 | » |
| » | sains dans fluorure | 24 | » | 0,299 | » |

» Si l'on prolonge la durée de l'expérience, on peut constater pendant plusieurs jours une augmentation considérable de la quantité de sucre formé.

» C'est ainsi que le même poids de muscle (100g) a produit :

| | | |
|---|---|---|
| En 4h | 0g,024 | de glucose |
| En 24 | 0,256 | » |
| En 48 | 0,308 | » |
| En 72 | 0,384 | » |

» De ces recherches nous croyons pouvoir dégager les conclusions suivantes :

» 1° Les muscles, comme le foie, produisent toujours du sucre après la mort;

» 2° Les muscles plongés dans l'huile à la température de 37° en produisent, à température égale, plus que les muscles exposés à l'air;

» 3° Les muscles qu'on entoure de glace élaborent le minimum de sucre;

» 4° Les muscles écrasés ou comprimés élaborent le maximum de sucre; la quantité de sucre produite dépasse celle des muscles plongés dans l'huile;

» 5° Cette fonction du muscle est indépendante de toute putréfaction. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'action hémolytique du venin de cobra.* Note de **M. A. Calmette**, présentée par M. Roux.

« La plupart des venins de serpents, particulièrement ceux qui proviennent de reptiles appartenant au groupe des *Colubridés,* dissolvent les globules rouges du sang des animaux sensibles. Avec le venin de *cobra,* dont le pouvoir hémolysant est le plus considérable, les hématies de cheval, de chien, de lapin, de cobaye et de rat sont très rapidement dissoutes. Celles de bœuf, de poule, de pigeon et de grenouille sont plus résistantes.

» Flexner et Hideyo Noguchi ([1]) ont constaté que les globules rouges lavés à l'eau physiologique et débarrassés de sérum ne s'hémolysent plus sous l'action du venin, tandis qu'ils se dissolvent parfaitement, lorsqu'on leur restitue du sérum normal. Ces expérimentateurs en concluent que l'alexine du sérum est indispensable pour que la dissolution des hématies puisse se produire.

» J'ai constaté que les sérums normaux chauffés à 62° et au-dessus permettent l'hémolyse des hématies lavées beaucoup plus facilement que les sérums frais alexiques, et qu'au contraire ces sérums frais, *ajoutés en excès,* retardent ou entravent l'hémolyse, tandis que celle-ci s'effectue en quelques instants dans les tubes qui reçoivent le même sérum chauffé, avec les mêmes quantités de venin. Ce phénomène s'observe avec les sérums normaux de cheval, de chien, de lapin, de cobaye et de poule. On doit en conclure que le sang de ces animaux renferme une *antihémolysine naturelle,* capable de protéger dans une certaine mesure les hématies contre l'action dissolvante du venin. Cette antihémolysine est détruite par le chauffage à partir de 56° comme les alexines. La substance hémolysante du venin de cobra est, par contre, extraordinairement résistante à la chaleur ; elle n'est détruite qu'après une ébullition prolongée pendant 15 minutes. Les venins chauffés à + 75° sont aussi hémolysants qu'à l'état frais.

» Les sérums normaux, dilués avec trois parties d'eau distillée et chauffés 20 minutes à 80° sont encore capables de sensibiliser, à l'égard du venin, les hématies lavées. Ce n'est donc pas l'alexine des sérums frais qui permet la dissolution de ces hématies débarrassées de sérum par une série

---

([1]) *Journal of experimental Medicine,* 17 mars 1902. Washington.

de lavages et de centrifugations successives : cette propriété appartient à une *sensibilisatrice* particulièrement *thermostabile* et existant normalement dans le sang à côté de l'antihémolysine naturelle *thermolabile*.

» J'ai constaté, d'autre part, que les hématies lavées, et par suite *non hémolysables*, présentent la curieuse propriété de *fixer* le venin. Si on les laisse pendant quelques minutes en contact avec une solution de venin et qu'on les lave ensuite à plusieurs reprises à l'eau physiologique en centrifugeant chaque fois pour éliminer toute trace de venin dissous, on constate que ces hématies s'hémolysent très rapidement aussitôt qu'on les met en présence d'un peu de sérum normal chauffé à 62°. Des expériences témoins faites, l'une avec la dernière eau de lavage additionnée de sérum chauffé, l'autre avec du sérum chauffé seul et des hématies non traitées par le venin, ne donnent aucune trace d'hémolyse.

» Le sérum antivenimeux à doses convenables annihile complètement le pouvoir hémolytique des venins, et je montrerai, dans une Note ultérieure, qu'on peut, avec beaucoup de précision, mesurer *in vitro* l'activité d'un sérum antitoxique par son action antihémolysante. Je me borne aujourd'hui à énoncer cette conclusion de mes expériences que *les hématies d'un animal hypervacciné contre le venin et fournissant un sérum très antitoxique et antihémolysant, sont parfaitement hémolysables lorsque, après les avoir débarrassées de sérum par une série de lavages et de centrifugations successives, on les met en contact avec des doses faibles de venin de cobra, additionnées d'un peu de sérum normal chauffé à 62°.*

» Les biologistes que préoccupe le problème de l'immunité cellulaire ne manqueront pas de rapprocher les faits précédents de ceux signalés par Wassermann et Takaki relatifs à la fixation de la toxine tétanique par les cellules nerveuses, et par Roux et Borrel sur le tétanos cérébral chez les animaux vaccinés. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *La contracture permanente chez le Pigeon.* Note de M. **Louis Boutan**, présentée par M. Yves Delage.

« Quand on pratique une section sur les canaux semi-circulaires du Pigeon ou d'un autre oiseau, on observe parfois, quelque temps après l'opération, un phénomène très particulier, qui consiste dans le renversement et l'entraînement irrésistible de la tête du côté lésé. Le Pigeon au repos, par suite d'une torsion de 180° du cou, se trouve avoir la tête à

l'envers, le sommet du crâne reposant sur le sol, comme le montrent les échantillons que je mets sous les yeux de l'Académie.

» Cette contracture a été observée par M. E. de Cyon ([1]); un peu plus tard, elle a été décrite avec détail par le Dr Laborde ([2]), qui l'a définie sous le nom de *contracture permanente*.

» Ces deux physiologistes ont considéré ce phénomène comme une conséquence directe de la lésion des canaux semi-circulaires.

» M. E. de Cyon le cite « comme un exemple qui démontre jusqu'à » quel point les désordres dans la locomotion, qu'on observe après la » section des canaux semi-circulaires, sont intimement liés à de fausses » représentations sur l'espace, ou, pour mieux dire, à un désaccord entre » l'espace vu et l'espace formé à l'aide des sensations provenant de ces » canaux ».

» M. le Dr Laborde conclut que « la cause réelle et originelle du phé- » nomène si remarquable de contracture et d'entraînement de la tête et » du cou, avec déséquilibration consécutive des mouvements généraux, » est la lésion des canaux semi-circulaires ».

» Mes propres expériences m'ont amené à une conclusion tout à fait différente : elles me conduisent à penser que la cause réelle et originelle du phénomène n'a pas de rapport direct avec la lésion des canaux semi-circulaires.

» Il faut remarquer, en effet, que la contracture permanente, avec renversement de la tête, ne se produit qu'exceptionnellement et tardivement lorsque l'on sectionne les canaux semi-circulaires. Ce n'est donc pas une conséquence nécessaire de l'opération.

» On doit noter, en outre, que le phénomène en question ne se termine pas nécessairement par la mort du sujet, car avec des soins convenables je suis arrivé à guérir les pigeons et à faire disparaître la contracture.

» J'ai sacrifié un de ces sujets en voie de guérison, mais incomplètement guéri (ces pigeons s'alimentent eux-mêmes, tiennent la tête droite comme des animaux normaux, mais la contracture reparaît encore sous l'influence de la moindre excitation). La dissection permet de constater *la disparition complète de l'oreille interne du côté opéré*. L'oreille interne (canaux semi-circulaires, labyrinthe, etc.) est complètement résorbée, aussi bien dans ses parties osseuses que dans ses parties membraneuses.

---

([1]) E. de Cyon, *Fonction des canaux semi-circulaires*, p. 77.
([2]) Laborde, *Rôle des canaux semi-circulaires*, p. 828.

A la place qu'elle occupait, on trouve une cavité osseuse, limitée extérieurement par la peau et, du côté interne, par la paroi cranienne réduite à une lame osseuse; il importe de signaler tout particulièrement que, du côté correspondant, les méninges appliquées contre la paroi cranienne sont en partie détruites.

» La constatation de ces particularités m'a amené à faire l'expérience suivante : J'ai enlevé, chez un pigeon sain, au-dessus du cerveau, très loin, par conséquent, de l'oreille interne, une lame osseuse, de manière à mettre à nu la dure-mère, et j'ai insinué, à l'aide d'une pince, un tampon légèrement acidifié de manière à le conduire dans la région où les méninges étaient altérées dans l'exemple précédent (c'est-à-dire au point de jonction du vermis et de l'un des lobes latéraux du cervelet). Immédiatement, le renversement de la tête, avec contracture permanente, se produit avec une extrême violence.

» Quand on sectionne les canaux semi-circulaires, la contracture permanente ne se produit qu'assez longtemps (1 jour ou 2 jours) après l'opération; quand on irrite les enveloppes de l'encéphale, chez un pigeon non opéré de l'oreille, dans le point indiqué plus haut, on provoque immédiatement la contracture permanente. On peut en conclure que la lésion des canaux semi-circulaires ne constitue pas la cause réelle et originelle du phénomène, puisque, dans le dernier cas, les canaux semi-circulaires ne sont pas intéressés. »

ÉCONOMIE RURALE. — *Sur les fermentations aérobies du fumier.* Note de M. C. **Dupont**, présentée par M. P.-P. Dehérain.

« M. Dehérain a montré, il y a déjà près de vingt ans, que la fabrication du fumier de ferme, conduite telle qu'elle l'est à Grignon, donne lieu à deux fermentations bien distinctes: l'une aérobie se produit à la partie supérieure du tas, elle élève la température jusqu'à 70°; l'autre anaérobie a pour siège la partie médiane et la partie inférieure. Sur les conseils de mon savant maître, j'ai tenté d'isoler les bactéries produisant ces fermentations; j'ai commencé par l'étude des bactéries aérobies.

» Les méthodes employées dans ces recherches ont été les méthodes bactériologiques ordinaires; nous les avons seulement modifiées légèrement pour les adapter au but spécial que nous visions. Recherchant des bactéries vivant aux dépens de matières végétales et à des températures variant entre 50° et 70°, nous avons fait nos cultures

dans du bouillon de haricot à 50° et à 65°; les cultures sur plaques étaient faites sur agar à 50°. Avec le fumier prélevé à l'intérieur du tas et dilué dans de l'eau stérilisée, on ensemençait des plaques d'agar et du bouillon; les cultures dans le bouillon, après un ou plusieurs passages à 50° ou à 65°, servaient à ensemencer d'autres plaques.

» Les liquides d'ensemencement furent prélevés à plusieurs reprises sur des tas de fumier différents, de novembre 1900 à mars 1902. Les résultats obtenus furent constants. Quand on ensemença des plaques avec un fumier en fermentation aérobie dont la température était voisine de 50°, ou bien encore avec une culture dans du bouillon provenant d'une suite de passages faits à 50°, on obtint presque exclusivement des colonies d'une bactérie bien connue, le *Bacillus mesentericus ruber*. Quand on prit pour ensemencer les plaques un fumier dont la température était de 60° à 70°, ou une culture dans du bouillon provenant de passages faits à 65°, on obtint des colonies d'une bactérie que, ne pouvant identifier à aucune autre décrite, nous avons nommée, à cause de ses propriétés et de son origine, *Bacillus thermophilus Grignoni*. Dans le fumier en fermentation aérobie d'une température toujours supérieure à 50°, nous n'avons trouvé que ces deux bactéries; une seule fois une plaque ensemencée avec du fumier nous a donné quelques colonies du *Bacillus subtilis*.

» Les propriétés bactériologiques du *Bacillus mesentericus ruber* sont bien connues: nous ne les reproduirons pas ici; disons seulement qu'il est remarquable par sa vitalité aux hautes températures; il donne à 55° dans du bouillon une culture abondante avec voile, à 60° il trouble encore le bouillon.

» Le *Bacillus thermophilus Grignoni* est un bâtonnet qui mesure de $2^{\mu},6$ à $4^{\mu}$ de long et $0^{\mu},7$ de large. Il se cultive de 30° à 70°, la température optima étant 55°. Ensemencé en strie sur agar, il donne une culture glacée blanchâtre qui ne prend jamais un très grand développement; sur pomme de terre nous n'avons pas réussi à le faire vivre.

» Les colonies du *Bacillus thermophilus Grignoni*, sur plaques d'agar mises à 50°, peuvent avoir deux aspects absolument différents: les unes sont des taches opalescentes blanchâtres ou jaunâtres à la surface de l'agar, les autres se présentent sous la forme de petites taches blanchâtres, mates, non opalescentes. Les colonies opalescentes vues au microscope ont quelquefois une structure intérieure filamenteuse feutrée plus ou moins marquée. Les colonies non opalescentes ressemblent, soit à un noyau, soit à un amas de filaments. Ces différentes colonies correspondent à des degrés divers d'atténuation de la bactérie; les colonies opalescentes sont en grand nombre sur les plaques ensemencées avec de bonnes cultures; au contraire, les colonies noyaux et filamenteuses dominent quand l'ensemencement est fait avec une culture peu active. La principale cause d'atténuation de la vitalité du *Bacillus thermophilus Grignoni* est la culture à haute température. Une culture donnant des colonies opalescentes, atténuée par une série de passages faits à 65°-70°, finit par ne plus donner que des colonies noyaux.

» Nous avons également cherché, en employant le même mode opératoire que pour le fumier, les bactéries des excréments capables de vivre à 50°. Nous avons retrouvé dans la bouse de vache le *Thermophilus Grignoni* et le *Mesentericus ruber;* nous avons pu également y caractériser le *Bacillus subtilis*, le *Bacillus mesentericus vul-*

*gatus*, le *Bacillus mesentericus fuscus;* à 50°-55° ces différentes espèces n'ont pas la même vigueur que le *Mesentericus ruber*.

» Après avoir isolé les bactéries du fumier, nous avons étudié les transformations chimiques qu'elles produisent.

» Notre bouillon de haricot ou des solutions contenant les éléments minéraux nécessaires à la nutrition des microbes, auxquels on ajoutait soit des hydrates de carbone : sucre, amidon, cellulose, soit des substances plus complexes comme le foin et la paille, ont été ensemencés avec le *Bacillus mesentericus ruber* et avec le *Bacillus thermophilus Grignoni;* on déterminait par des dosages les modifications que la fermentation faisait subir à ces différents milieux.

» Nous avons constaté que le *Mesentericus ruber* agit violemment sur le sucre; il le détruit, donne de grandes quantités d'acide carbonique et une faible proportion d'acides acétique et butyrique; il brûle aussi l'amidon, produit de l'acide carbonique et des traces d'acides valérique et formique; il n'attaque pas la cellulose. Il se cultive bien sur le foin et sur la paille, il détruit dans ce cas une quantité importante de gomme de paille. M. Dehérain avait déjà montré que, pendant la fermentation aérobie du fumier, il ne disparaît pas de cellulose et qu'une partie de la gomme de paille est brûlée.

» Le *Mesentericus ruber* agit sur les albuminoïdes : lorsque le liquide est bien aéré il y a formation d'une forte proportion d'ammoniaque; si l'aération est faible, l'ammoniaque est produite en moins grande quantité et une partie de l'azote se dégage à l'état libre.

» Le *Bacillus thermophilus Grignoni* provoque la combustion du sucre, mais avec une moins grande énergie que le *Mesentericus ruber;* il donne de l'acide carbonique et une assez forte proportion d'acide acétique; il n'attaque ni l'amidon, ni la cellulose. Il croît abondamment dans les milieux contenant des matières azotées; il brûle les albuminoïdes, mais en poussant cependant la combustion moins loin que ne le fait le *Mesentericus ruber*, il ne produit que rarement de l'ammoniaque.

» Sur le foin, le *Thermophilus Grignoni* donne d'assez bonnes cultures, mais il ne se développe que faiblement sur la paille qui est pauvre en matière azotée.

» En résumé, les fermentations aérobies du fumier sont dues à deux bactéries, le *Bacillus mesentericus ruber* et le *Bacillus thermophilus Grignoni;* ces bactéries brûlent les matières azotées et les hydrates de carbone facilement attaquables, sucres, amidons, gommes.

» Dans nos milieux de culture à 50° le *Bacillus thermophilus Grignoni* a toujours eu une action un peu moins violente que le *Mesentericus ruber;* il est un peu moins apte que ce dernier à détruire les hydrates de carbone, il pousse moins loin que lui l'oxydation des matières azotées, mais il a l'avantage d'agir encore très activement à 65°-70°; à cette température le *Mesentericus ruber* ne produit plus aucune transformation. »

ZOOLOGIE. — *Sur la morphologie interne du genre* Thylacoplethus, *parasite grégaire des* Alpheidæ. Note de M. **H. Coutière**, présentée par M. Alfred Giard.

« J'ai donné, dans une Note précédente, les principaux caractères permettant de classer parmi les Rhizocéphales le genre *Thylacoplethus*. L'organisation interne de ces parasites ne les rend pas moins remarquables.

» L'espace entièrement clos circonscrit par le manteau est divisé, par une cloison transversale à doubles parois, en deux cavités superposées. Autour de la cavité supérieure ou pédonculaire, la paroi latérale formée par le manteau est très épaisse, mais constituée seulement par deux rangées de cellules très hautes, opposées par la base, l'une et l'autre chitinogènes et ne laissant aucune lacune entre elles. La cavité ainsi circonscrite par une cuticule chitineuse interne m'a paru être en rapport avec le système des racines par le cône de pénétration situé à son sommet.

» La partie inférieure, dans laquelle les parois du manteau sont moins épaisses et toujours réduites à deux épithéliums chitinogènes adossés, n'est autre que la cavité incubatrice. Dans son axe, la remplissant plus ou moins, se trouve la *masse viscérale*, comme suspendue à la cloison de séparation et qu'aucun mésentère ne relie à la paroi.

» Sur un spécimen très jeune de *T. Haddoni*, fixé sur *Alpheus avarus* Miers Fabr.? cette masse viscérale se réduit à un corps ovoïde, rempli d'un coagulum finement granuleux, limité par une membrane très mince. Distalement, on y remarque une calotte de hautes cellules, en avant de laquelle doit se trouver le premier rudiment de l'ovaire, car on voit, dans les stades plus avancés, cette calotte terminale disparaître sous un volumineux amas d'œufs en voie de formation et de segmentation, qui ont bourgeonné extérieurement et dont la masse n'est entourée par aucune membrane. Puis le bourgeonnement, qui s'étend peu à peu, dégage et repousse la calotte terminale, que l'on peut voir finalement engagée dans une dépression correspondante de la paroi palléale interne et sertie par un bourrelet circulaire de cette paroi. Dans toute sa hauteur, à l'exception du niveau où elle se raccorde avec la paroi palléale, la *masse viscérale* est maintenant couverte d'œufs en voie de segmentation. Une coupe transversale montre, autour de la cavité centrale et de son volumineux coagulum, deux assises de cellules; la plus interne est la membrane mince, seule présente avant le fonctionnement de l'ovaire; la seconde, supportée par la précédente, est l'épithélium ovarien, bourgeonnant à l'extérieur.

» Les exemplaires de *T. Edwardsi* et *T. Heurteli*, fixés respectivement sur *A. Edwardsi* Audouin et *A. macrochirus* Richters sont beaucoup plus avancés dans leur développement.

» L'ovaire a cessé de fonctionner, de sorte que la *masse viscérale* se retrouve, comme dans son état initial, mais réduite à une grêle colonne creuse fortement

plissée, dont la mince membrane d'enveloppe se raccorde toujours avec la paroi palléale interne. Les cellules de l'épithélium ovarien, libérées sous forme d'œufs, ont disparu totalement. En revanche, la cavité incubatrice est maintenant pleine d'embryons libres, peu avancés dans les spécimens que j'ai entre les mains.

» La calotte de hautes cellules distales est toujours bien visible, mais, sans doute par la pression qu'elle a exercée sur les deux assises palléales, celles-ci ont disparu et un orifice cloacal s'est ébauché, qui sera libéré par la chute de l'épaisse cuticule externe du manteau.

» On peut remarquer que le bourgeonnement progressif de la masse viscérale s'effectue entre sa partie la plus distale et le reste de sa masse, comme les nouveaux segments d'un Crustacé ou d'une Annélide se forment entre le telson ou le pygidium et les segments céphaliques. Les choses se passent comme si cette masse représentait l'abdomen de la larve cypris, réduit à un ovaire et protégé par un manteau; le cône d'inoculation fixé sur l'hôte n'est pas sans rappeler le dard de la larve kentrogone de *Sacculina carcini*.

» La disparition de l'épithélium ovarien, correspondant à la période de formation des embryons, fait se demander si l'ovaire pourra fonctionner une seconde fois, et si la mise en liberté de leur couvée de *nauplius* ne marque pas le terme de l'existence des parasites, dont le faible pouvoir de propagation expliquerait ainsi la grande rareté.

» Que cette hypothèse soit ou non fondée, le genre *Thylacoplethus* peut être considéré par son mode de fixation, son organisation très simple, son caractère grégaire, comme un type très primitif de Rhizocéphales, représentant l'un des premiers *essais* de parasitisme de ces Crustacés. Il est aisé de concevoir comme perfectionnements graduels la diminution du nombre, la prise de possession plus complète de l'hôte par quelques parasites ou un parasite unique, l'augmentation proportionnelle de la puissance reproductrice, qui caractérisent les formes les plus évoluées. »

CHIMIE. — *Sur les impressions produites sous l'influence de certains gaz.* Note de M. **A.-J.-J. Vandevelde**, présentée par M. Yves Delage. (Extrait.)

« MM. Vignon et Colson ont récemment démontré que certaines vapeurs donnent naissance à des images négatives à contours dégradés, en agissant

sur des surfaces convenables. Mes expériences ont eu pour effet de généraliser ces résultats.

» J'ai expérimenté successivement avec l'hydrogène sulfuré, l'ammoniaque, l'acide chlorhydrique et l'iode. Les matières sensibles réceptrices étaient respectivement l'acétate de plomb, le tournesol basique et l'empois d'amidon. Les matières étaient déposées, à l'état de dissolution, sur la surface d'un papier blanc lisse, et exposées à l'action des gaz après dessiccation, à l'air libre, de la face humectée.

» *Essais avec l'hydrogène sulfuré.* — On peut utiliser une solution d'hydrogène sulfuré, une solution de sulfure d'ammonium, mieux encore un mélange de 2 parties en poids de sulfure de baryum pulvérisé et de 1 partie de sulfate acide de potassium pulvérisé. Le mélange qui dégage lentement l'hydrogène sulfuré est introduit dans deux nacelles placées de façon à former un V. Les porte-objets sur lesquels se trouvent posées les nacelles permettent d'élever ou d'abaisser la surface dégageant le gaz de $1^{mm}$ à la fois. Jusqu'à environ $13^{mm}$ de distance de la face sensible du papier imbibé d'acétate de plomb, les formes du V se dessinent distinctement sur un fond plus pâle, à la face inférieure de la feuille de papier.

» *Essais avec l'ammoniaque.* — Le carbonate d'ammonium sec et pulvérisé ne donne pas, au point de vue expérimental, des résultats satisfaisants. La solution aqueuse d'ammoniaque, au contraire, permet d'étudier les variations de distance et de concentration. Les limites pour lesquelles la lettre V se dessine distinctement en bleu sur le tournesol rouge, sont : 12,75 GV pour 100 : $20^{mm}$; 10,20 GV pour 100 : $20^{mm}$; 7,65 GV pour 100 : $15^{mm}$; 5,10 GV pour 100 : $10^{mm}$; 2,55 GV pour 100 : $10^{mm}$.

» Quand la limite à laquelle les traits cessent d'être distincts est dépassée, le papier réactif se colore uniformément en bleu ; dans le cas de concentration élevée, les traits se dessinent très rapidement.

» *Essais avec l'acide chlorhydrique.* — La solution d'acide chlorhydrique a donné les limites suivantes : 40 GV pour 100 : $25^{mm}$; 30 GV pour 100 : $25^{mm}$; 20 GV pour 100 : $20^{mm}$; 10 GV pour 100 : $10^{mm}$. Les traits apparaissent sur le papier bleu de tournesol, en rouge vif sur fond rouge.

» *Essais avec l'iode.* — La solution d'iode dans l'iodure de potassium conduit à des résultats analogues à ceux de l'ammoniaque et de l'acide chlorhydrique. Mais si les empreintes de sulfure de plomb sont inaltérables, chacun sait d'autre part que les empreintes basiques sur le tournesol rouge, les empreintes acides sur le tournesol bleu, les taches bleues d'iodure d'amidon sont très altérables et non susceptibles d'être conservées. La solution d'iode agit aussi plus lentement que les solutions d'ammoniaque et d'acide chlorhydrique, en raison de l'élévation du poids atomique de l'iode, et par conséquent de son moindre pouvoir diffusif. Les limites avec la solution d'iode sont les suivantes : solution décinormale : $15^{mm}$; demi-décinormale : $10^{mm}$; centinormale : $3^{mm}$. »

HYDROLOGIE. — *Sur la rivière souterraine de Trépail (Marne).* Note de M. **E.-A. Martel**, présentée par M. Albert Gaudry.

« Les cavernes naturelles et les rivières souterraines dans les formations crayeuses du bassin de Paris (craie blanche, craie de Rouen, etc.) ont été jusqu'ici considérées comme un phénomène exceptionnel. On cite certaines anfractuosités à Meudon, la cascade souterraine de la carrière de Caumont (près la Bouille, Seine-Inférieure) depuis longtemps signalée par Passy (géologie de la Seine-Inférieure), celle de la Grotte aux Pigeons au cap d'Antifer près d'Etretat, la caverne du Puits des Boscherons (Eure) décrite par M. Ferray, et surtout les cours d'eau souterrains de la Guinand, des Bordes, de Veron, etc. tout récemment étudiés par MM. Le Couppey de la Forest et Bourdon dans la région des sources de la Vanne (Yonne) (*Mémoires de la Société de Spéléologie*, n° 25, janvier 1901) : la plus longue de ces diverses galeries n'a que $150^m$ d'étendue totale.

» Le 2 juin courant, j'ai visité à Trépail (Marne), entre Verzy et Ambonnay, au sud de Reims, une rivière souterraine d'environ $1^{km}$ de longueur, entièrement pratiquée dans des diaclases de la craie blanche à bélemnites ($C^8$ de la carte géologique) dont la hauteur varie de $4^m$ à $20^m$ et la largeur de $0^m,50$ à $3^m$ (1).

» La rivière souterraine de Trépail est *la plus longue que l'on connaisse actuellement dans la craie blanche;* une mesure au pas (très sommaire à cause des grandes difficultés du parcours, pendant 4 heures 30 minutes dans l'eau à 9° C., profonde de $0^m,20$ à $1^m,40$) et le levé approximatif, faits avec le concours de M. Chesnay, ont réduit à environ $1000^m$ la longueur que les gens du pays évaluaient à plus de $2^{km},500$; l'altitude de l'entrée de la grotte (émergence de la source) est de $192^m$; celle du fond accessible, constituée par une voûte mouillante ou siphon d'aqueduc, de $215^m$, soit

---

(1) Ce phénomène remarquable était localement connu depuis 1825, date à laquelle paraît remonter le captage de la *source* de Trépail, qui est l'issue de cette rivière; mais il n'avait attiré l'attention de personne et c'est seulement en 1899 que M. Edm. Chesnay, ingénieur à Reims, voulut bien me le signaler comme tout à fait digne d'intérêt; à l'occasion d'un nouveau projet d'amenée d'eau, et sur la demande de M. le préfet de la Marne, j'ai eu, en exécution de la circulaire du Ministère de l'Intérieur du 10 décembre 1900, à effectuer l'examen géologique de la source de Trépail, et cette recherche officielle m'a fourni les données que je développerai ailleurs, en publiant les plans et coupes déposés à l'appui de la présente Note.

une différence de niveau de $23^m$, donnant à la rivière une pente de 2,3 pour 100; la coloration à la fluorescéine a mis 3 heures pour parvenir du fond à l'émergence, soit une vitesse d'environ $330^m$ à l'heure. Absolument comme dans toutes les rivières souterraines des calcaires proprement dits (dévoniens, carbonifères, jurassiques ou crétacés) que j'ai découvertes ou étudiées depuis quinze ans, la grotte de Trépail possède des éboulis de voûtes et de parois, des cascades (ayant jusqu'à $1^m,50$ de hauteur), un petit affluent latéral, un grand aven ou puits naturel intérieur, haut de plus de $20^m$, et dont l'orifice extérieur n'est pas connu, des marques frappantes d'érosion et de corrosion, et des revêtements stalagmitiques parfois fort jolis : c'est une véritable caverne à eau courante comme celle des Causses ou du Karst. L'action mécanique et chimique de l'eau s'y exerce encore de la façon la plus active, ainsi que le prouve le chapelet de marmites de géants (rendant le parcours extrêmement pénible) de $2^{dm}$ à $14^{dm}$ de diamètre et de profondeur, qui constitue d'une façon ininterrompue le lit même du ruisseau souterrain; le fond de chacune de ces marmites, que séparent de minces cloisons, est plein d'une boue blanche, résidu de la décalcification de la craie.

» L'origine *actuelle* du ruisseau souterrain de Trépail est dans les affaissements du sol ou fontis (sables nummulitiques et de l'argile plastique) qui abondent au nord-ouest de Trépail, dans la forêt de la montagne de Reims (fosse de Trépail, fosse Bathiaude, fosses d'Aulus, etc.). A l'une de ces fosses sans doute correspond plus ou moins directement le grand aven intérieur de la caverne : ces dépressions absorbent en grande quantité les eaux de pluie et des orages, qui sont drainées par la rivière.

» L'origine *ancienne* de la grotte doit être dans l'enfouissement de quelque cours d'eau superficiel miocène ou pliocène qui, aux époques des grandes dénudations champenoises, se sera frayé un cheminement souterrain en agrandissant et en réunissant entre elles une suite de diaclases conjuguées. Les coupes transversales de la galerie montrent nettement dans leur partie médiane le renflement caractéristique d'une période d'écoulement beaucoup plus abondant que de nos jours.

» Au point de vue hygiénique, et sauf quelques restrictions de détail, la source de Trépail peut être considérée comme satisfaisante, parce que *tout son bassin d'alimentation est entièrement et exceptionnellement couvert de bois et dépourvu d'habitations*.

» Mais, en ce qui touche la si grave question de la contamination des résurgences, elle établit formellement, ce que l'on n'a pas encore suffisamment accepté jusqu'à présent, que la craie blanche elle-même peut, tout comme les calcaires proprement dits, posséder une circulation d'eaux courantes en canaux *rapides* au lieu des *nappes* d'imprégnation, fâcheusement admises par tant d'ingénieurs; et qu'en conséquence le filtrage naturel des

eaux de ruissellement absorbées est tout aussi précaire dans les terrains crayeux que dans les calcaires ordinaires. Avec la même facilité, le transport des germes pathogènes peut s'y effectuer par les diaclases qui y drainent et concentrent des infiltrations plus ou moins souillées à l'extérieur.

» Il me semble superflu d'insister sur l'intérêt que présente cette considération, à propos des sources qui ont été captées par la ville de Paris dans les diverses régions crayeuses de l'Avre, de la Vanne et de la Dhuis. »

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Photomètre physiologique.* Note de M. G.-M. Stanoiévitch, présentée par M. Janssen.

« Dans une Communication précédente (*Comptes rendus*, t. CXXXIII, n° 6), nous avons décrit un photomètre basé sur le principe d'une quantité d'énergie lumineuse minimum; ce photomètre a l'avantage de ne pas avoir besoin d'un étalon lumineux pendant les mesures. La disposition convient bien pour les sources lumineuses d'une intensité un peu faible, telles que les lampes à incandescence, becs de gaz, etc.

» S'il s'agit de sources très intenses, telles que les lampes à arcs, on pourrait se servir du même appareil, en augmentant le nombre de verres dépolis qui se trouvent à l'extrémité dirigée vers la source lumineuse. Pourtant, la disposition suivante des mêmes éléments convient mieux pour ce genre de mesures.

» La partie oculaire de l'appareil, avec sa lentille convergente et les ouvertures de différentes formes, reste la même; seulement, le diaphragme iris est remplacé par un diaphragme à ouverture fixe (de $1^{mm}$-$2^{mm}$). La partie dirigée vers la source lumineuse est changée de façon que, derrière le verre dépoli, on place une lentille convergente, d'une longueur focale de $5^{cm}$ à $10^{cm}$; le diaphragme iris, avec son tambour divisé, est alors placé immédiatement derrière cette lentille. Le diaphragme à ouverture invariable, qui occupe déjà le foyer de la lentille de la partie oculaire de l'appareil, doit occuper en même temps le foyer de cette seconde lentille.

» Le seul élément variable de l'instrument c'est l'ouverture du diaphragme iris; la clarté de la lumière qui, de la source lumineuse, tombe sur le diaphragme invariablement, est proportionnelle à l'ouverture du diaphragme iris, c'est-à-dire au carré de son diamètre. En fermant plus ou moins le diaphragme iris, on laisse tomber sur le diaphragme invariable des quantités de lumière différentes, nécessaires pour faire apercevoir les différentes ouvertures qui se trouvent devant la loupe de la partie oculaire de l'appareil.

» Cette nouvelle disposition du photomètre a cet avantage sur l'appareil décrit pré-

cédemment, qu'elle permet des variations mieux graduées et qui, dans des limites plus larges, assurent à l'appareil un emploi plus général.

» Pour ce qui est de la graduation, de la construction des courbes et de l'emploi de l'appareil dans la rue, les manipulations restent les mêmes que pour l'appareil décrit précédemment. »

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Nouvelle méthode pour la mesure de la sensibilité musculaire.* Note de MM. **Toulouse** et **Vaschide**.

« Il n'existe pas, à notre connaissance, de méthode rigoureuse pour la mesure de la sensibilité musculaire; la grande majorité des auteurs qui s'en sont occupés se contentent généralement d'un criterium relatif et répondant tout au plus aux exigences d'une expérience particulière.

» Conformément aux méthodes de notre système d'appareils pour la mesure des organes sensoriels de relation ([1]), les conditions des expériences que nous proposons pour l'exploration du sens musculaire sont rigoureusement déterminées. Voici quel est le principe de cette mesure :

» L'acuité de la sensibilité musculaire est mesurée par le plus petit rapport entre les poids de deux seaux en cuivre, de volume et de formes semblables, dont l'un, l'étalon, conserve un poids constant, et dont l'autre reçoit des plateaux tarés élevant son poids progressivement, lesquels seaux, après avoir été, sans secousse appréciable, alternativement et à 2 secondes d'intervalle, suspendus à un segment de membre immobile et maintenus durant 5 secondes, sont différenciés. La présentation de l'étalon, pour chaque série, provoque une expérience de contrôle et mesure la suggestibilité.

» Les seaux ont les poids suivants : première série, $1^g$; deuxième série, $10^g$; troisième série, $100^g$; quatrième série, $1^{kg}$.

» Les seaux de $1^g$ sont en aluminium, les autres sont en cuivre.

» Dans le seau à poids variable de chaque série, on place des *plateaux* tarés qui permettent d'augmenter sa valeur, par rapport à l'étalon constant, dans la proportion de $\frac{1}{1000}$, de $\frac{1}{100}$ et de $\frac{1}{10}$. Dans chaque série, les plateaux sont au nombre de 10, allant de 1 à 10 unités.

» Les poids des unités sont, pour chaque série de plateaux, les suivants : première

---

([1]) Toulouse et Vaschide, *Comptes rendus*, 22 janvier, 9 février, 5 mars, 19 mars, 9 juillet 1900. — *Revue de Psychiatrie*, 1900.

série, $1^{mg}$; deuxième série, $1^{cg}$; troisième série, $1^{dg}$; quatrième série, $1^{g}$; cinquième série, $10^{g}$; sixième série, $100^{g}$.

» Les plateaux des première, deuxième et troisième séries sont en aluminium, et les plateaux des quatrième et cinquième séries sont en cuivre. Les plateaux ont une forme cylindrique et sont surmontés d'un crochet préhensible. Pour la première et la deuxième série, on a dû faire usage de fils en aluminium.

» Les poids des seaux augmentent donc, dans chaque série, dans des proportions indiquées par la loi de Weber-Fechner, dont on peut faire une vérification très précise avec notre méthode. »

HYDROLOGIE. — *Sur une série verticale de densités d'eaux marines en Méditerranée.* Note de M. J. Thoulet.

« En vertu du principe des vases communicants, les eaux océaniques plus douces voisines des continents tendant sans cesse à se mettre en équilibre de niveau avec les eaux plus salées, la densité est un des facteurs les plus importants de la circulation océanique à la surface et surtout dans les profondeurs. Pour le reconnaître expérimentalement, il convient de recueillir les échantillons d'eaux en séries verticales, aussi près que possible les uns des autres, de prendre la densité $nS_4^\theta$ de chacun d'eux dans sa condition même d'activité, c'est-à-dire à la température $\theta$ qu'il possédait *in situ*, et corrigée de l'effet de la compression s'il a été ramené de la profondeur de $n$ mètres. On comparera ensuite entre elles plusieurs de ces séries. Cette comparaison se fait en dressant, suivant une série de plans parallèles à la surface de la mer, des cartes par isopycnes, analogues aux cartes par courbes isohypses terrestres. Le courant s'effectue des régions à densités faibles vers les régions à densités fortes, et avec une vitesse proportionnelle au gradient.

» Grâce aux nouvelles bouteilles imaginées par M. J. Richard, ce travail a déjà commencé en Méditerranée. Les huit échantillons d'eaux recueillis à bord du yacht *Princesse-Alice*, au large de Monaco (43°36′ lat. N., 5°18′30″ long. E.), depuis la surface jusqu'au fond, par $1485^m$, ont été analysés dans mon laboratoire de Nancy. Les résultats obtenus sont inscrits sur le Tableau suivant.

» Les densités ont été prises au pycnomètre, à 0°, et ramenées à $nS_4^\theta$ au moyen d'un graphique dont j'ai publié en détail le mode de confection ainsi que par les formules connues de correction de compressibilité. Les halogènes ont été dosés par liqueur

titrée d'azotate d'argent, l'ammoniaque libre et l'ammoniaque albuminoïde au moyen du réactif de Messler.

| Profondeur (mètres). | Temp. θ *in situ.* | $S_4^0$. | $S_4^\theta$. | $uS_4^\theta$. | Halogènes dosage direct. | Chloruration d'après les halogènes (Kundsen). | Chloruration d'après $S_4^\theta$ (Kundsen). | Salinité (Kundsen). | $AzH^3$ libre. | $AzH^3$ album. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| surface | 14,8 | 1,03031 | 1,02814 | 1,02814 | 20,98 | 20,78 | 20,88 | 37,71 | 0,11 | 0,08 |
| 285 | 13,2 | 1,03046 | 1,02863 | 1,02999 | 21,09 | 20,89 | 20,98 | 37,90 | 0,08 | 0,06 |
| 485 | 13,1 | 1,03085 | 1,02903 | 1,03136 | 21,31 | 21,10 | 21,25 | 38,38 | 0,04 | 0,06 |
| 685 | 13,1 | 1,03083 | 1,02902 | 1,03231 | 21,30 | 21,09 | 21,23 | 38,35 | 0,02 | 0,06 |
| 885 | 12,8 | 1,03087 | 1,02912 | 1,03337 | 21,34 | 21,13 | 21,26 | 38,40 | 0,02 | 0,06 |
| 1085 | 13,0 | 1,03086 | 1,02907 | 1,03428 | 21,34 | 21,13 | 21,25 | 38,39 | 0,01 | 0,05 |
| 1285 | 13,0 | 1,03089 | 1,02909 | 1,03525 | 21,38 | 21,16 | 21,27 | 38,42 | 0,01 | 0,05 |
| 1485 (fond) | 12,9 | 1,03080 | 1,02903 | 1,03615 | 21,31 | 21,10 | 21,21 | 38,31 | tr. | 0,05 |

» Les chlorurations et les salinités ont été calculées en partant de la densité $S_4^\theta$ à 0° d'après les *Hydrographische Tabellen* publiées par M. Kundsen, de Copenhague, en conformité avec les décisions des Congrès océanographiques internationaux de Stockholm et de Christiania. On remarque que, contrairement à ce qu'on aurait pu supposer, les valeurs de la chloruration (poids de chlore par 1000g d'eau) ne sont pas identiques lorsqu'on les obtient en s'appuyant sur la densité $S_4^\theta$ mesurée directement à 0°, ou bien en partant du total des halogènes dosés directement. Comme M. Kundsen n'a pas encore fait connaître les procédés qui ont servi à dresser les *Hydrographische Tabellen*, je me borne à signaler ce défaut de concordance.

» La série des densités ne prendra son importance véritable que lorsqu'on pourra la comparer à d'autres séries verticales voisines. Il y a lieu cependant d'observer dès à présent que, contrairement à l'opinion générale admettant l'immobilité des eaux méditerranéennes déjà à une faible distance de la surface, on constate jusqu'à 1485m des variations de température, de densité à 0°, de chloruration et de salinité. Les densités $nS_4^\theta$ croissent régulièrement de la surface au fond, tandis que l'ammoniaque libre décroît régulièrement beaucoup plus rapidement que l'ammoniaque albuminoïde qui néanmoins décroît aussi. »

M. **Rooke** adresse une Note intitulée : « Utilisation des cendres ménagères d'anthracite, au point de vue des couleurs pour la peinture ».

M. **de Marx** adresse, par l'entremise de M. de Lapparent, la suite de son Mémoire sur « L'Ether, principe universel des forces » ; 4e Partie : « la Constitution moléculaire. — La matière radioactive ».

La séance est levée à 4 heures et demie.

M. B.